

**PERILAKU ADSORPSI FOSFOR, P TERPANEN, DAN PRODUKSI  
TANAMAN JAGUNG AKIBAT PERLAKUAN BIOCHAR DAN PUPUK  
KANDANG AYAM DI TANAH ULTISOL MUSIM TANAM KE-3**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ANDIKA FERDIANSYAH  
1954181003**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PERILAKU ADSORPSI FOSFOR, P TERPANEN, DAN PRODUKSI TANAMAN JAGUNG AKIBAT PERLAKUAN BIOCHAR DAN PUPUK KANDANG AYAM DI TANAH ULTISOL MUSIM TANAM KE-3

Oleh

ANDIKA FERDIANSYAH

Di Indonesia, jagung merupakan bahan pangan pokok kedua setelah beras yang memiliki banyak manfaat dan dapat diolah menjadi berbagai jenis bahan makanan, bahan pakan ternak dan bahan baku industri. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku adsorpsi fosfor (P) menggunakan Metode Langmuir, P terpanen pada tanaman jagung serta produksi tanaman jagung. Penanaman jagung dan analisis unsur hara disusun dalam rancangan acak kelompok, terdapat 4 perlakuan yaitu, PPD = pupuk dasar (Urea : 400 kg.ha<sup>-1</sup>, TSP-46 : 150 kg.ha<sup>-1</sup>, KCl : 100 kg.ha<sup>-1</sup>); PPD + BCR = pupuk dasar + biochar 5 Mg.ha<sup>-1</sup>; PPD + PKA = pupuk dasar + pupuk kandang ayam 5 Mg.ha<sup>-1</sup>; dan PPD + BCR + PKA = pupuk dasar + biochar 5 Mg.ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang ayam 5 Mg.ha<sup>-1</sup>. Penanaman jagung dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sedangkan analisis unsur hara dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Hasil penelitian menunjukkan pemberian bahan organik berupa pupuk kandang ayam dan biochar mampu meningkatkan produksi tanaman jagung. Pemberian pupuk kandang ayam atau biochar pada tanah mampu menurunkan jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) pada tanah. Jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) tanah sebelum tanam berkorelasi positif dengan P-tersedia, namun tidak berkorelasi terhadap P-brangkasan, P-biji, P-tongkol, produksi jagung, P-total, dan C-organik. Pada tanah setelah panen jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) berkorelasi positif dengan P-tersedia namun tidak berkorelasi terhadap P-brangkasan, P-biji, P-tongkol, produksi jagung, P-total, dan C-organik, namun pada Relatif energi ikatan ( $K_L$ ) fosfor pada tanah setelah panen berkorelasi positif terhadap P-biji, P-tongkol, dan produksi jagung namun tidak berkorelasi terhadap P-tersedia, P-brangkasan, P-total dan C-organik.

Kata kunci : Biochar, Langmuir, Pupuk kandang ayam, Produksi jagung.

## ABSTRACT

### PHOSPHORUS ADSORPTION BEHAVIOR, HARVESTED P, AND MAIZE CROP PRODUCTION DUE TO BIOCHAR AND CHICKEN MANURE APPLICATIONS IN ULTISOL SOIL IN 3<sup>rd</sup> PLANTING SEASON

By :

**Andika Ferdiansyah**

*In Indonesia, corn is the second staple food after rice which has many benefits and can be processed into various types of food, animal feed and industrial raw materials. This research was conducted to determine the adsorption behavior of phosphorus (P) using the Langmuir Method, P harvested on corn plants and corn plant production. The experiment was arranged in a randomized block design, heaving 4 treatments, namely, PPD = basalt fertilizer (Urea: 400 kg.ha<sup>-1</sup>, TSP-46: 150 kg.ha<sup>-1</sup>, KCl: 100 kg.ha<sup>-1</sup>); PPD + BCR = basalt fertilizer + biochar 5 Mg.ha<sup>-1</sup>; PPD + PKA = basalt fertilizer + chicken manure 5 Mg.ha<sup>-1</sup>; and PPD + BCR + PKA = basalt fertilizer + biochar 5 Mg.ha<sup>-1</sup> + chicken manure 5 Mg.ha<sup>-1</sup>, corn planting was carried out at the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. Meanwhile, nutrient analysis was carried out at the Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The results show that the applications of organic materials in the form of chicken manure and biochar increase corn production. Applying chicken manure or biochar to the soil can reduce the maximum adsorption of P (X<sub>max</sub>) in the soil. Maximum soil P adsorption (X<sub>max</sub>) before planting was positively correlated with available P, but not correlated with P in shoots, P in Seeds, P in cobs, corn production, total soil P, and soil organic C. In the soil after harvest maximum adsorption of P (X<sub>max</sub>) is positively correlated with available P but not correlated with P in shoots, P in seeds, P in cobs, corn production, total soil P, and soil organic C, but the relative binding energy (KL) of phosphorus in the soil after harvest is positively correlated with P in seeds, P in cobs and corn production but not correlated with available P, P in shoots, total soil P and soil organic C.*

*Key word : Biochar, Langmuir, Chicken manure, Corn production.*

**PERILAKU ADSORPSI FOSFOR, P TERPANEN, DAN PRODUKSI  
TANAMAN JAGUNG AKIBAT PERLAKUAN BIOCHAR DAN PUPUK  
KANDANG AYAM DI TANAH ULTISOL MUSIM TANAM KE-3**

**Oleh**

**ANDIKA FERDIANSYAH**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **PERILAKU ADSORPSI FOSFOR, P TERPANEN,  
DAN PRODUKSI TANAMAN JAGUNG AKIBAT  
PERLAKUAN BIOCHAR DAN PUPUK KANDANG  
AYAM DI TANAH ULTISOL MUSIM TANAM KB**

Nama : **Andika Ferdiansyah**

NPM : **1954181003**

Progam Studi : **Ilmu Tanah**

Fakultas : **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

**Prof. Ir. J. Lumbanraja, M.Sc., Ph. D.**

NIP. 195303181981031002

**Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.**

NIP. 197912192005012001

Ketuan Jurusan Ilmu Tanah

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

NIP. 196611151990101001



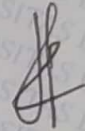
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

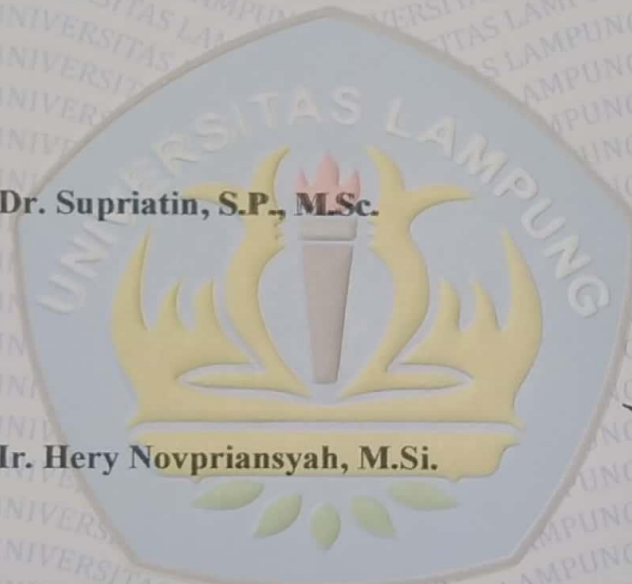
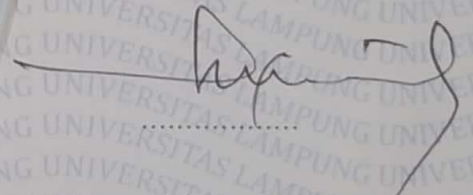
Ketua : **Prof. Ir. J. Lumbanraja, M.Sc., Ph. D.**



Sekretaris : **Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.**



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

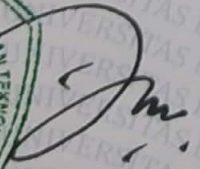


2. Dekan Fakultas Pertanian



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Januari 2024

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Perilaku Adsorpsi Fosfor, P Terpanen dan Produksi Tanaman Jagung Akibat Perlakuan Biochar dan Pupuk Kandang Ayam di Tanah Ultisol Musim Tanam Ke-3**" merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

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

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

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

Bandar Lampung, 16 Januari 2024

Penulis



**Andika Ferdiansyah**

**NPM 1954181003**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kabupaten Banyumas pada tanggal 8 juni 2001 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Zaenal Abidin dan Ibu Sri Haryati. Pendidikan formal dimulai di Taman Kanak-Kanak (TK) Dhama khartini Kecamatan Cimahi Utara, Cimahi pada tahun 2006-2007, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 5 Cibeureum, Kecamatan Cimahi Utara, Cimahi pada tahun 2007-2010, lalu melanjutkan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Kotabumi, Kecamatan Kotabumi Ilir, Lampung Utara pada tahun 2010-2013, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 4 Kotabumi pada tahun 2013-2016 dan menempuh Sekolah di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kotabumi pada tahun 2016-2018.

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 Pengabdian Masyarakat (periode 2020 -2021 dan periode 2021 -2022) Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (GAMATALA), dan staff ahli di bidang pergerakan (periode 2022-2023) BEM Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Pada bulan Februari hingga Maret 2021 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Cahaya Negeri, Kecamatan Abung Barat, Lampung Utara. Pada Bulan Januari hingga Februari 2022, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDASHL) Way Seputih - Way Sekampung pada Bulan Juni hingga Agustus tahun 2022.



*Bismillahirrahmanirrahiim...*

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

*Kepada*

*Kedua orang tuaku tercinta Ayah Zaenal Abidin dan Ibu Sri Haryati serta kedua Adikku*

*Egi Andra Zaesriar dan Asifa Sabira*

*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*

*"Pada hari ketika setiap jiwa akan datang untuk memperdebatkan dirinya sendiri, dan setiap jiwa akan mendapat balasan penuh atas apa yang dilakukannya, dan mereka tidak akan dianiaya"*

*(QS. An Nahl 111)*

*"Ya Allah, saat aku kehilangan harapan dan rencana, tolong ingatkan aku bahwa cinta-Mu jauh lebih besar dari kekecewaanku, dan rencana yang Engkau siapkan untuk hidupku jauh lebih baik daripada impianku" (Ali bin Abi Thalib)*

*"Lakukan apapun yang ingin kamu lakukan, Selagi itu tidak merugikan orang lain dan janganlah kamu takut berbuat baik kepada setiap orang, percayalah apa yang kamu tanam itu yang akan kamu tuai"*

*(Zaenal Abidin)*

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas segala kenikmatan anugerahnya yang tidak terbatas, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian proses penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “**Perilaku Adsorpsi Fosfor, P Terpanen dan Produksi Tanaman Jagung Akibat Perlakuan Biochar dan Pupuk Kandang Ayam di Tanah Ultisol Musim Tanam Ke-3**”. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi sebagian syarat utama dalam mencapai gelar Sarjana Pertanian, pada jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis menyampaikan banyak terima kasih yang tak terhingga kepada pihak- pihak yang terlibat dalam proses penelitian maupun dalam penyelesaian skripsi, yaitu kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.S. selaku Ketua Jurusan dan dosen penguji yang telah memberikan arahan, motivasi, saran dan kritik selama proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing utama yang telah memberikan saran dan bimbingan selama penelitian serta penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun dalam penelitian dan penulisan skripsi.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingan yang telah diberikan selama penulis melaksanakan perkuliahan.
7. Bapak dan Ibu dosen Universitas Lampung, dan secara khusus Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberi begitu banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

8. Karyawan-karyawati di Jurusan Ilmu Tanah atas semua bantuan dan kerjasama yang telah diberikan.
9. Kedua orang tuaku, Bapak Zaenal Abidin dan Ibu Sri Haryati serta kedua adikku Egi Andra Zaesriar dan Asifa Sabira yang selalu memberikan doa dan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sifa Maharani Ayu Dita selaku kekasih saya yang terus memberikan dukungan dengan tulus untuk berjuang menyelesaikan skripsi ini.
11. Danang Arjuana, Muhammad Andri Saputra, Galuh Novrillia Puspita, Indra Riswanto, Marcelin Dinata, dan Abdi Fawwaz Pasya selaku teman-teman tim penelitian yang senantiasa bahu membahu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian hingga penelitian terselesaikan.
12. Teman-teman Halo Halo Lampung, Mas Beni, Doyog, Mas Galih, Ngabdilah, Pengek, Yuyun, Dimkun, Lelek, Wak Reki, Kasui, Mamat, Bos, Bacol, Yuso, dan Mandri yang selalu kompak dalam memberikan dukungan, bantuan, doa, dan semangat luar biasa selama perkuliahan hingga penulis menyelesaikan skripsi.
13. Seluruh kawan-kawan seperjuangan Ilmu Tanah 2019 dan semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini dan jauh dari kata sempurna. Penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan, saran dan kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun dan menyempurnakan agar lebih baik lagi dimasa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca. Terimakasih.

Bandar Lampung, 16 Januari 2024

Penulis,

**Andika Ferdiansyah**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Tanah Ultisol .....	8
2.2 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Biochar terhadap Produksi Jagung .....	9
2.3 Pengaruh Biochar dan Pupuk Kandang terhadap Adsorpsi P pada Tanah Masam .....	10
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>14</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	14
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.3. Rancangan Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.4.1 Persiapan Pupuk Kandang dan Biochar .....	16
3.4.2 Persiapan Lahan .....	16
3.4.3 Pembuatan Jarak dan Lubang Tanam .....	16
3.4.4 Pengaplikasian Biochar dan Pupuk Kandang Ayam .....	17
3.4.5 Penanaman .....	17
3.4.6 Pengaplikasian Pupuk .....	17
3.4.7 Pemeliharaan Tanaman .....	18
3.4.8 Panen .....	18
3.4.9 Pengambilan Sampel Tanah .....	18
3.4.10 Pengambilan Sampel Tanaman .....	18
3.5 Variabel Pengamatan .....	19
3.6 Percobaan Laboratorium .....	19



3.6.1 Analisis Tanah .....	19
3.6.2 Analisis Tanaman .....	22
3.6.3 Model Isotermik Langmuir .....	23
3.6.4 Pembuatan Larutan Seri P .....	23
3.6.5 Pembuatan Larutan $\text{KH}_2\text{PO}_4$ dan Larutan $\text{CaCl}_2$ .....	24
3.6.6 Penetapan Jerapan Fosfor pada Tanah dengan Model Isotermik Langmuir .....	24
3.7 Analisis data .....	26
3.7.1 Uji F (Analisis Ragam) .....	26
3.7.2 Uji Student-t .....	26
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 Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Biochar terhadap Biomassa Brangkas, Tongkol, Produksi Jagung dan Berat 100 Butir Jagung.....	31
4.3 Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Biochar terhadap P-Biji, P-Brangkas, dan P-Tongkol jagung .....	33
4.4 Perilaku Jerapan Maksimum P ( $X_{\max}$ ) dan Relatif Energi Ikatan ( $K_L$ ).....	35
4.5 Signifikansi Parameter Jerapan Maksimum P ( $X_{\max}$ ) dan Relatif Energi Ikatan ( $K_L$ ) .....	39
4.6 Hubungan P Terpanen dengan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung BISI-18 .....	43
4.7 Uji Korelasi Hasil Analisis Tanah dengan Jerapan Maksimum P ( $X_{\max}$ ) dan Relatif Energi Ikatan P ( $K_L$ ) .....	44
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Komposisi Pembuatan Larutan Kerja .....	20
2. Komposisi Pembuatan Deret Standar P .....	20
3. Pembuatan larutan seri P.....	24
4. Hasil analisis sifat kimia tanah .....	28
5. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa brankasan, tongkol, produksi jagung, dan berat 100 butir jagung .....	32
6. Pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan biochar terhadap P-Biji dan P-Brankasan dan P-Tongkol .....	34
7. Uji <i>student-t</i> pada parameter jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah sebelum tanam .....	40
8. Uji <i>student-t</i> pada parameter jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah setelah panen .....	41
9. Uji <i>student-t</i> pada parameter jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah sebelum tanam dan setelah panen .....	42
10. Perhitungan uji korelasi antara P-Terpanen dengan berat kering tanaman jagung .....	43
11. Hasil uji korelasi antara $X_{max}$ dan $K_L$ dengan P-Tersedia, P Brankasan, P-Tongkol, P-Biji, Produksi Jagung, P-Total, dan C-Organik pada tanah sebelum tanam .....	44
12. Hasil uji korelasi antara $X_{max}$ dan $K_L$ dengan P-Tersedia, P-Brankasan, P-Tongkol, P-Biji, Produksi Jagung, P-Total, dan C-Organik pada tanah setelah panen .....	45

13. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap produksi biji jagung .....	57
14. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap produksi biji jagung .....	57
15. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap produksi biji jagung .....	57
16. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa brangkasan jagung .....	58
17. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa brangkasan jagung .....	58
18. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa brangkasan jagung .....	58
19. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa tongkol jagung .....	59
20. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa tongkol jagung .....	59
21. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap biomassa tongkol jagung .....	59
22. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Brangkasan jagung .....	60
23. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Brangkasan jagung .....	60
24. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Brangkasan jagung .....	60
25. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Biji jagung .....	61
26. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Biji jagung .....	61
27. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Biji jagung .....	61
28. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Tongkol jagung .....	62

29. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Tongkol jagung .....	62
30. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Tongkol jagung .....	62
31. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Total .....	63
32. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Total .....	63
33. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Total .....	63
34. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Tersedia tanah sebelum tanam .....	64
35. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Tersedia tanah setelah panen .....	64
36. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Total tanah sebelum tanam .....	64
37. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap P-Total tanah setelah panen .....	65
38. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap pH tanah (H <sub>2</sub> O) sebelum tanam .....	65
39. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap pH tanah (H <sub>2</sub> O) setelah panen .....	65
40. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap pH tanah (KCl) sebelum tanam .....	66
41. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap pH tanah (KCl) setelah panen .....	66
42. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap C-organik tanah sebelum tanam .....	66
43. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap C-organik tanah setelah panen .....	67
44. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap bobot 100 butir biji jagung .....	67

45. Uji homogenitas pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap bobot 100 butir biji jagung .....	67
46. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian biochar dan pupuk kandang ayam terhadap bobot 100 butir biji jagung .....	68
47. Parameter P pada perlakuan PPD (Pupuk dasar) tanah sebelum tanam .....	68
48. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan PPD (Pupuk dasar) tanah sebelum tanam .....	67
49. Parameter P pada perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	70
50. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	70
51. Parameter P pada perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	71
52. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	71
53. Parameter P pada perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	72
54. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan PPD + BCR + (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	73
55. Parameter P pada perlakuan PPD (Pupuk dasar) tanah setelah panen ..	74
56. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) tanah setelah panen .....	74
57. Parameter P pada perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	75
58. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	75
59. Parameter P pada perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	76
60. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	77



61. Parameter P pada perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	78
62. Parameter X <sub>max</sub> dan K <sub>L</sub> pada perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	78
63. Uji <i>student-t</i> X <sub>max</sub> perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	79
64. Uji <i>student-t</i> X <sub>max</sub> perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	79
65. Uji <i>student-t</i> X <sub>max</sub> perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	80
66. Uji <i>student-t</i> X <sub>max</sub> perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + PKA (pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	80
67. Uji <i>student-t</i> X <sub>max</sub> perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .	80
68. Uji <i>student-t</i> X <sub>max</sub> perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar+ Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	81
69. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	81
70. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	81
71. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	82
72. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	82

73. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .	82
74. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah sebelum tanam .....	83
75. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	83
76. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	83
77. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	84
78. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	84
79. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen ....	84
80. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	85
81. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	85
82. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	85
83. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	86
84. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen .....	86

85. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) tanah setelah panen ...	86
86. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha-1) dan perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha-1 + Biochar 5 Mg.ha-1) tanah setelah panen .....	87
87. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) pada tanah sebelum tanam dan setelah panen .....	87
88. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) pada tanah sebelum tanam dan setelah panen .....	87
89. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha-1) pada tanah sebelum tanam dan setelah panen .....	88
90. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) pada tanah sebelum tanam dan setelah panen .....	88
91. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD (Pupuk dasar) sebelum tanam dan setelah panen .....	89
92. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + BCR (Pupuk dasar + Biochar 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) sebelum tanam dan setelah panen .....	89
93. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> ) sebelum tanam dan setelah panen .....	90
94. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan PPD + BCR + PKA (Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg.ha <sup>-1</sup> + Biochar 5 Mg.ha-1) sebelum tanam dan setelah panen .....	90
95. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	91
96. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	91
97. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Brangkasan jagung pada tiap perlakuan .....	92
98. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Brangkasan jagung pada tiap perlakuan .....	92

99. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	93
100. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	93
101. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	94
102. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	94
103. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan produksi jagung pada tiap perlakuan .....	95
104. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan produksi jagung pada tiap perlakuan.....	95
105. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	96
106. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	96
107. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan .....	97
108. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan .....	97
109. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	98
110. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	98
111. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah setelah tanam dengan P-Brangkasan pada tiap perlakuan .....	99
112. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah setelah tanam dengan P-Brangkasan pada tiap perlakuan .....	99
113. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah setelah tanam dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	100
114. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{max}$ tanah setelah tanam dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	100

115. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah tanam dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	101
116. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah tanam dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	101
117. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan produksi jagung pada tiap perlakuan .....	102
118. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan produksi jagung pada tiap perlakuan .....	102
119. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	103
120. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	103
121. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-Organik tanah pada tiap perlakuan .....	104
122. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-Organik tanah pada tiap perlakuan .....	104
123. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	105
124. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	105
125. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Brangkasan jagung pada tiap perlakuan .....	106
126. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Brangkasan jagung pada tiap perlakuan .....	106
127. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	107
128. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	107
129. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	108
130. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol pada tiap perlakuan .....	108



131. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan produksi jagung pada tiap tiap perlakuan .....	109
132. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan produksi pada tiap perlakuan .....	109
133. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	110
134. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	110
135. Perhitungan uji korelasi antara $K_I$ tanah sebelum tanam dengan C-Organik tanah pada tiap perlakuan .....	111
136. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_I$ tanah sebelum tanam dengan C-Organik tanah pada tiap perlakuan .....	111
137. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	112
138. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	112
139. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Brangkasan jagung pada tiap perlakuan .....	113
140. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Brangkasan jagung pada tiap perlakuan .....	113
141. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	114
142. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Biji jagung pada tiap perlakuan .....	114
143. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	115
144. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	115
145. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan produksi jagung pada tiap perlakuan .....	116
146. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan produksi jagung pada tiap perlakuan .....	116

147. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	117
148. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Total tanah pada tiap perlakuan .....	117
149. Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan C-Organik tanah pada tiap perlakuan .....	118
150. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan C-Organik tanah pada tiap perlakuan .....	118
151. Perhitungan uji korelasi antara P-Brangkasan dengan berat kering brangkasan pada tiap perlakuan .....	119
152. Hasil analisis ragam uji korelasi antara P-Brangkasan dengan berat kering jerami pada tiap perlakuan .....	119
153. Perhitungan uji korelasi antara P-Tongkol jagung dengan berat kering tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	120
154. Hasil analisis ragam uji korelasi antara P-Tongkol jagung dengan berat kering tongkol jagung pada tiap perlakuan .....	120
155. Perhitungan uji korelasi antara P-Biji jagung dengan berat kering jagung per $ha^{-1}$ pada tiap perlakuan .....	121
156. Hasil analisis ragam uji korelasi antara P-Biji jagung dengan berat kering biji jagung per $ha^{-1}$ pada tiap perlakuan .....	121

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur kerangka pemikiran.....	7
2. Skematik susunan .....	13
3. Perkembangan muatan .....	13
4. Denah petak perlakuan di lapang .....	15
5. Hubungan antara nisbah konsentrasi ion .....	25
6. Grafik hubungan antara indeks jerapan P ( $C/q$ ) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) pada tanah sebelum tanam .....	36
7. Grafik hubungan antara indeks jerapan P ( $C/q$ ) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) pada tanah setelah panen .....	36
8. Grafik persamaan Isotermik Langmuir antara nilai jerapan P ( $X_{max}$ ) dengan setiap perlakuan .....	37
9. Grafik persamaan Isotermik Langmuir antara nilai energi relatif ikatan ( $K_L$ ) dengan setiap perlakuan .....	38
10. Grafik hubungan antara indeks jerapan P ( $C/q$ ) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD ulangan 1 tanah sebelum tanam .....	69
11. Grafik hubungan antara indeks jerapan P ( $C/q$ ) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	69
12. Grafik hubungan antara indeks jerapan P ( $C/q$ ) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR ulangan 1 tanah sebelum tanam .....	70
13. Grafik hubungan antara indeks jerapan P ( $C/q$ ) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	71

14. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + PKA ulangan 1 tanah sebelum tanam .....	72
15. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + PKA ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	72
16. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR + PKA ulangan 1 tanah sebelum tanam .....	73
17. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR + PKA ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	73
18. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD ulangan 1 tanah setelah panen	74
19. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD ulangan 2 tanah setelah panen	75
20. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR ulangan 1 tanah setelah panen .....	76
21. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR ulangan 2 tanah setelah panen .....	76
22. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + PKA ulangan 1 tanah setelah panen .....	77
23. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + PKA ulangan 2 tanah setelah panen .....	77
24. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR + PKA ulangan 1 tanah setelah panen .....	78
25. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) PPD + BCR + PKA ulangan 2 tanah setelah panen .....	79
26. Grafik hubungan antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Tersedia	91

27. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Brangkasan jagung .....	92
28. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Biji jagung.....	93
29. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol jagung .....	94
30. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan produksi jagung .....	95
31. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Total .....	96
32. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan C-Organik ..	97
33. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia ..	98
34. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah tanam dengan P-Brangkasan jagung .....	99
35. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah tanam dengan P-Biji jagung	100
36. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol jagung .....	101
37. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan produksi jagung .....	102
38. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-Total .....	103
39. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-Organik ...	104
40. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Tersedia ...	105
41. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Brangkasan jagung .....	106
42. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Biji jagung	107
43. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Tongkol jagung .....	108
44. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan produksi jagung .....	109
45. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-Total .....	110



46. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan C-Organik ...	111
47. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Tersedia .....	112
48. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Brangkasian jagung .....	113
49. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Biji jagung..	114
50. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Tongkol jagung .....	115
51. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan produksi jagung .....	116
52. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-Total .....	117
53. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah setelah panen dengan C-Organik .....	118
54. Grafik hubungan antara P-Brangkasian dengan berat kering brangkasian	119
55. Grafik hubungan antara P-Tongkol dengan berat kering tongkol jagung	120
56. Grafik hubungan antara P-Biji dengan berat kering biji jagung .....	121

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jagung merupakan bahan pangan pokok kedua setelah beras yang memiliki banyak manfaat dan dapat diolah menjadi berbagai jenis bahan makanan, bahan pakan ternak dan bahan baku industri. Menurut Kementerian Pertanian (2021), total produksi jagung di Provinsi Lampung pada tahun 2018 mencapai 1.902.052 ton, pada tahun 2019 mencapai 2.173.972, pada tahun 2020 mencapai 2.454.927 ton. Dari data tersebut dapat diketahui terjadinya peningkatan produksi jagung di tiap tahunnya. Namun upaya untuk memenuhi target produksi jagung menghadapi berbagai kendala, salah satunya yaitu mengenai kesuburan tanah. Tanaman jagung banyak dibudidayakan pada lahan kering, dimana lahan kering di Provinsi Lampung didominasi oleh jenis tanah ultisol. Ultisol merupakan jenis tanah pada lahan kering masam yang mempunyai tingkat kesuburan dan produktivitas lahan yang rendah (Rajmi, dkk., 2018).

Produktivitas lahan jagung sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, tanah yang ada di Provinsi Lampung didominasi tanah Ultisol. Tanah Ultisol merupakan tanah yang memiliki masalah keasaman tanah, bahan organik rendah, nutrisi makro rendah dan memiliki ketersediaan P sangat rendah. Ketersediaan P yang rendah pada tanah Ultisol dikarenakan bahan induk yang telah mengalami pelapukan lanjut dan kandungan P yang terikat kuat di koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Untuk meningkatkan P tersedia di tanah dapat dilakukan dengan cara penambahan pupuk P. Akan tetapi cara ini kurang efektif apabila tanah dalam keadaan masam, P tersedia dapat terikat dengan Al dan Fe akan membentuk endapan P-Al atau P-Fe sehingga P tidak tersedia (Nurida, 2014).

Tanah Ultisol memiliki masalah dalam kesuburan tanahnya baik dari sifat fisika, kimia, dan biologi sehingga diperlukan suatu upaya untuk meningkatkan kualitas kesuburan pada tanah Ultisol. Salah satu upaya dalam meningkatkan kualitas pada tanah Ultisol dapat dilakukan dengan pengaplikasian pupuk dasar NPK, biochar sekam padi dan pupuk kandang ayam untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanah bagi tanaman. Biochar adalah padatan kaya karbon yang terbentuk dari proses pembakaran bahan organik atau hasil pembakaran tidak sempurna (pirolisis) pada temperatur 250-500°C (Nurida, 2014).

Biochar memiliki peran penting dalam menurunkan jerapan fosfor dari tanah. Jerapan fosfor terjadi ketika fosfor dalam tanah larut dalam air hujan atau irigasi dan kemudian terserap oleh tanaman atau tercuci ke perairan yang menyebabkan polusi fosfor. Pengaplikasian biochar ke lahan pertanian (tanah) dapat menyerap fosfor dalam bentuk fosfat dan menjaganya tetap terjaga di dalam biochar. Dengan demikian, biochar membantu mengurangi jumlah fosfor yang tersedia untuk jerapan, biochar juga dapat meningkatkan struktur tanah dan kemampuan drainasinya. Tanah yang memiliki struktur yang baik dan drainase yang optimal cenderung mengalami jerapan fosfor yang lebih rendah. Biochar sebagai pembenah tanah dapat memperbaiki sifat tanah seperti memperbaiki stabilitas agregat tanah, meningkatkan permeabilitas, memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan kandungan C-Organik tanah, mampu meretensi hara dan air agar tersedia untuk tanaman (Widowati dan Sutoyo, 2013).

Keberadaan biochar di dalam tanah berperan sebagai penyedia karbon, pengganti bahan organik, untuk memperbaiki sifat-sifat tanah serta meningkatkan ketersediaan hara di dalam tanah. Namun, biochar tidak dapat berperan sendiri di dalam tanah. Penggunaan biochar perlu diberi tambahan bahan organik lain berupa pupuk kandang yang dapat membantu dalam menyediakan unsur hara serta mikroorganisme di dalam tanah. Keberadaan pupuk kandang ayam sebagai salah satu bahan organik yang dapat berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pupuk kandang ayam juga mempunyai kandungan N, P, dan K yang lebih tinggi bila dibandingkan pupuk kandang lainnya (Atman, A., 2020).

Pupuk kandang ayam mempunyai kadar hara P yang relatif lebih tinggi dari pupuk kandang lainnya, kadar haranya dipengaruhi oleh konsentrat yang diberikan pada ayam. Beberapa hasil penelitian yang mengaplikasikan pupuk kandang ayam untuk pemenuhan unsur hara menunjukkan respon tanaman yang terbaik pada musim pertama. Hal ini dikarenakan pupuk kandang ayam relatif lebih cepat terdekomposisi serta memiliki kadar hara yang cukup dibandingkan dengan pupuk kandang lainnya (Hartatik dan Widowati. 2006).

Hasil penelitian Ihwanto (2023) pada musim tanam ke 2 menunjukkan bahwa perlakuan yang hanya diberikan pupuk dasar memiliki jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pupuk kandang ayam dan biochar sekam padi. Hal ini dikarenakan pemberian perlakuan pupuk kandang ayam dan biochar dapat mengurangi jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) pada tanah setelah panen. Perlakuan yang hanya diberikan pupuk dasar dalam Isotermik Langmuir menunjukkan bahwa tanah Ultisol masih memiliki nilai jerapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang diberikan bahan organik berupa pupuk kandang ayam dan biochar. Oleh karena itu, pada penelitian ini diaplikasikan bahan organik yaitu berupa pupuk kandang ayam dan biochar untuk menurunkan daya jerap P tanah. Sehingga dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman, kemudian dapat meningkatkan serapan hara P pada tanaman.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah pemberian pupuk kandang ayam dan biochar dapat berpengaruh terhadap adsorpsi fosfor di tanah Ultisol?
2. Apakah pemberian pupuk kandang ayam dan biochar dapat meningkatkan produksi tanaman jagung dan P terpanen pada tanaman jagung di tanah Ultisol?
3. Apakah jerapan maksimum dan relatif energi fosfor berkorelasi dengan fosfor tersedia, P-terpanen dan produksi jagung di tanah Ultisol akibat perlakuan biochar dan pupuk kandang ayam?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan dan mempelajari pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan biochar terhadap perilaku adsorpsi fosfor (P) pada tanah Ultisol.
2. Menetapkan dan mempelajari pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan biochar terhadap P terpanen dan produksi tanaman jagung di tanah Ultisol
3. Mempelajari hubungan jerapan maksimum dan relatif energi fosfor dengan fosfor tersedia, P-terpanen dan produksi jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng pada perlakuan biochar dan pupuk kandang ayam.

### 1.4 Kerangka Pemikiran

Jagung merupakan salah satu jenis tanaman pangan yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia sebagai sumber karbohidrat kedua setelah beras (Saputra, 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukannya upaya dalam meningkatkan hasil produksi tanaman jagung guna memenuhi kebutuhan tanaman jagung. Namun dalam proses peningkatan produksi tanaman jagung banyak sekali kendala yang dihadapi terutama kendala pada lahan yang terdegradasi akibat penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dan terus-menerus seperti pada tanah Ultisol. Sehingga tanaman jagung tidak dapat tumbuh dan berproduksi dengan optimal.

Tanah Ultisol memiliki kendala umum yaitu kemasaman tanah tinggi, kejenuhan Al tinggi, hara makro seperti P, K, dan Ca rendah, dan bahan organik yang terkandung dalam tanahnya rendah. Rendahnya kadar P dalam tanah serta terjadinya fiksasi P yang tinggi merupakan suatu permasalahan pada tanah yang berkembang lanjut. Pemupukan P pada tanah ini harus mempertimbangkan ketersediaan P dalam tanah dan fiksasi P yang tinggi, serta kebutuhan hara tanaman merupakan suatu kebutuhan pada tanaman agar diperoleh pertumbuhan dan hasil yang optimum (Kusumastuti, 2014).

Pupuk merupakan bahan yang ditambahkan kedalam tanah guna meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Pupuk dibedakan menjadi 2 jenis yaitu

pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk anorganik merupakan pupuk buatan yang dibuat oleh industri yang memiliki berbagai hara tergantung jenis pupuk yang dibuat seperti pupuk N, P, dan K. Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro yang sangat dibutuhkan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman, salah satunya dalam proses pembelahan sel. Karena termasuk dalam unsur hara makro maka kecukupan hara P sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bagian vegetatif dan generatif tanaman, meningkatkan produktivitas dan meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit (Nursyamsi dan Setyorini, 2009). Namun, penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dalam jangka panjang dapat menurunkan pH tanah dan apabila dibiarkan berlarut-larut kesuburan alami tanah akan mengalami penurunan sehingga perlu dilakukannya aplikasi bahan organik kedalam tanah (Akasah dkk., 2018).

Salah satu bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisik tanah yaitu biochar. Penggunaan biochar dapat meningkatkan sifat fisik tanah, seperti porositas, infiltrasi air, dan stabilitas agregat. Hal ini mengurangi erosi tanah dan aliran permukaan, yang dapat mengurangi risiko jerapan fosfor dengan mengurangi aliran air yang membawa fosfor tercuci ke perairan. Biochar banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan pada tanah pengaplikasiannya dapat meningkatkan pH pada tanah masam, meningkatkan KTK tanah, menyediakan unsur hara N, P dan K. Selain itu, Biochar memiliki sifat adsorptif yang kuat terhadap fosfor. Biochar dapat menarik dan menahan fosfor dalam bentuk fosfat dari larutan tanah. Hal ini mengurangi ketersediaan fosfor yang dapat terlarut dan tercuci ke perairan, sehingga mengurangi jerapan fosfor (Endriani, dkk., 2013).

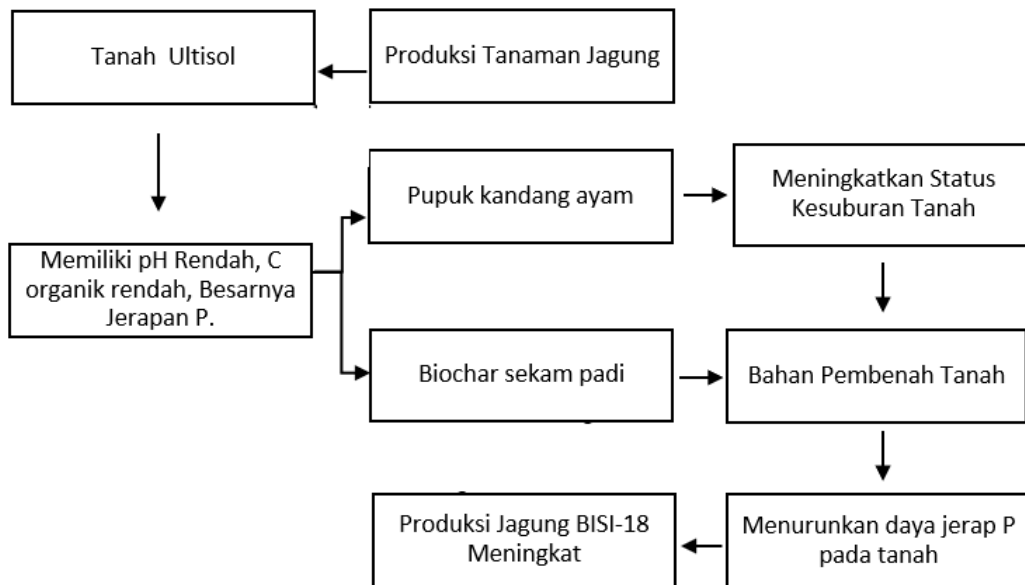
Selain penggunaan biochar, penggunaan pupuk kandang ayam tidak kalah penting untuk kesuburan tanah. Kandungan hara pada pupuk kandang ayam dapat memperbaiki sifat kimia tanah. Sehingga pengaplikasian pupuk kandang ayam pada jenis tanah Ultisol yang mempunyai kandungan P rendah sangat perlu dilakukan. Hasil penelitian Ihwanto (2023), menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam, biochar, serta kombinasi keduanya dengan dosis masing-masing  $5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  mampu meningkatkan produksi tanaman dan P terangkut,

menurunkan jerapan maksimum ( $X_{max}$ ), relatif energi ikatan ( $K_L$ ) fosfor, dan menurunkan daya jerap P pada tanah, sehingga dapat menunjukkan hasil korelasi negatif antara jerapan maksimum dengan P tersedia pada Tanah Ultisol (Lumbanraja, dkk., 2018).

Hasil penelitian Satgada, dkk., (2017) menyebutkan bahwa pada perlakuan pemberian pupuk anorganik dan pupuk organik memiliki P terangkut pada tanaman jagung lebih tinggi dibandingkan dengan yang perlakuan tanpa pemupukan. Hal ini sesuai dengan penelitian Hossain, dkk., (2010) bahwa kandungan P di dalam tanaman memiliki pengaruh yang nyata terhadap hasil produksi kering batang suatu tanaman. Semakin rendah kandungan P yang terdapat di dalam tanaman, maka akan semakin rendah juga produksi kering batang suatu tanaman yang dihasilkan, begitupun sebaliknya semakin tinggi kandungan P yang ada di dalam tanaman, maka akan semakin tinggi juga produksi kering batang suatu tanaman. Sebagaimana yang disebutkan dalam penelitian Sari, dkk. (2017) bahwa penambahan bahan organik di dalam tanah mampu meningkatkan pH, ketersediaan P di dalam tanah, serapan hara P di dalam tanaman serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia pada tanah.

Penelitian ini menggunakan Parameter Isotermik Langmuir yang digunakan untuk menetapkan jerapan maksimum dan relatif energi ikatan fosfor di dalam tanah. Metode penetapan jerapan fosfor dengan persamaan Langmuir untuk memisahkan antara fosfor di dalam tanah dan larutan dengan mudah Jerapan maksimum fosfor ditunjukkan melalui konsentrasi fosfor yang terhitung di dalam tanah, nilai relatif energi ikatan fosfor merupakan parameter isotermik Langmuir yang menggambarkan energi ikatan unsur hara fosfor di dalam koloid tanah (Bubba, dkk., 2003).

### 1.5 Hipotesis



Gambar 1. Alur kerangka pemikiran

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dijelaskan, maka untuk menjawab rumusan masalah dinyatakan hipotesis sebagai berikut :

1. Aplikasi pupuk kandang ayam dan biochar dapat menurunkan jerapan maksimum ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan ( $K_L$ ) fosfor (P) di tanah Ultisol.
2. Perlakuan pupuk kandang ayam dan biochar dapat meningkatkan produksi tanaman jagung dan P terpanen pada tanaman jagung di tanah Ultisol.
3. Terdapat korelasi negatif jerapan maksimum dan relatif energi ikatan fosfor dengan fosfor tersedia dan produksi jagung akibat perlakuan biochar dan pupuk kandang ayam di tanah Ultisol.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Ultisol

Ultisol merupakan salah satu ordo tanah yang memiliki kandungan hara yang rendah dan mengalami peningkatan fraksi liat yang membentuk horizon argilik. Selain itu juga Ultisol memiliki porositas sangat rendah akibat adanya akumulasi liat pada bagian bawah lapisan olah tanah sehingga menyebabkan akar tanaman tidak dapat menembus horizon ini dan hanya berkembang di atas horizon argilik, sehingga akan berdampak pada pertumbuhan tanaman (Nita dkk., 2015).

Ultisol dicirikan oleh adanya akumulasi liat pada horizon bawah permukaan sehingga mengurangi daya resap air dan meningkatkan aliran permukaan dan erosi tanah. Erosi merupakan salah satu kendala fisik pada tanah Ultisol dan sangat merugikan karena dapat mengurangi kesuburan tanah. Hal ini karena kesuburan tanah Ultisol sering kali hanya ditentukan oleh kandungan bahan organik pada lapisan atas. Bila lapisan ini tererosi maka tanah menjadi miskin bahan organik dan hara. Tanah Ultisol mempunyai tingkat perkembangan yang cukup lanjut, dicirikan oleh penampang tanah yang dalam, kenaikan fraksi liat seiring dengan kedalaman tanah, reaksi tanah masam, dan kejenuhan basa rendah. Pada umumnya tanah ini mempunyai potensi keracunan Al dan miskin kandungan bahan organik. Tanah ini juga miskin kandungan hara terutama P dan kation-kation dapat ditukar seperti Ca, Mg, Na, dan K, kadar Al tinggi, kapasitas tukar kation rendah, dan peka terhadap erosi. (Karo dkk., 2017).

Menurut penelitian yang sudah dilakukan Ihwanto (2023), Tanah Ultisol Gedong Meneng menunjukkan bahwa pH tanah tergolong agak masam hingga netral dan ketersediaan unsur hara seperti P tersedia tergolong tinggi hingga sangat tinggi, P

total tergolong tinggi hingga sangat tinggi, N total tanah tergolong rendah hingga sedang, C organik tergolong sangat rendah hingga rendah, dan nilai KTK tergolong rendah. Untuk meningkatkan produktivitas tanah Ultisol dapat dilakukan dengan meningkatkan ketersediaan unsur hara dan sifat kimia tanah. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah melalui pemberian pupuk organik. Pupuk organik merupakan pupuk yang diperoleh dari hasil dekomposisi oleh mikroorganisme dari sisa-sisa tanaman dan hewan. organik yang mengandung sejumlah unsur hara akan menyumbangkan unsur hara tersebut.

## **2.2 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Biochar terhadap Produksi Jagung**

Bahan organik adalah kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi. Fungsi bahan organik yaitu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan suhu dalam tanah, meningkatkan kemantapan agregat, meningkatkan kemampuan menyimpan air, dan menurunkan kepekaan tanah terhadap erosi, serta sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang ada dalam tanah (Afandi dkk., 2015). Menurut Saidy (2018) secara tidak langsung penambahan bahan organik kedalam tanah akan mempengaruhi proses agregasi dan sebaran pori tanah sehingga menyebabkan perubahan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Kemampuan dari tanah dalam menahan air dipengaruhi oleh tekstur tanah dan bahan organik.

Biochar merupakan padatan berupa arang yang kaya karbon (C) hasil konversi dari biomasa melalui proses pembakaran tidak sempurna dengan minimum oksigen (pirolisis). Biochar memiliki sifat lebih stabil dalam tanah dan tidak mudah teroksidasi. Biochar sebagai pembenah bagi tanah mampu memperbaiki sifat tanah seperti meningkatkan stabilitas agregat tanah, memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan kandungan C-organik tanah, mampu meretensi hara dan air agar tersedia untuk tanaman. Selain itu penambahan biochar ke tanah dapat meningkatkan ketersediaan kapasitas tukar kation tanah (KTK) yang pada akhirnya dapat meningkatkan hasil produksi tanaman karena dapat mengurangi risiko pencucian hara (Safitri dkk., 2018).

Namun, biochar tidak dapat berperan sendiri maka dari itu perlu dilakukan pengaplikasian pupuk kandang, Menurut Wiryanta dan Bernardinus (2002), Pupuk kandang tidak hanya mengandung unsur mikro seperti nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K), namun pupuk kandang juga mengandung unsur makro seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan mangan (Mn) yang dibutuhkan tanaman serta berperan dalam memelihara keseimbangan hara dalam tanah. Pupuk kandang mempunyai kandungan unsur hara berbeda-beda karena masing-masing ternak mempunyai sifat khas tersendiri yang ditentukan oleh jenis makanan dan usia ternak tersebut.

Hasil penelitian Syahputra (2019) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kotoran ayam terhadap pertumbuhan dan produksi jagung memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, luas daun, panjang tongkol, diameter tongkol, jumlah baris biji per tongkol, produksi per plot dan tingkat kemanisan buah. Hal ini karena unsur hara yang terkandung dalam pupuk kotoran ayam dapat memacu pertumbuhan dan cepat tersedia di dalam tanah sehingga proses penyerapannya lebih cepat oleh tanaman. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ihwanto (2023), menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam dan biochar berpengaruh sangat nyata terhadap produksi gabah, Meningkatnya produksi gabah pada perlakuan biochar dan pupuk kandang ayam diduga karena meningkatnya unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dapat diserap tanaman. Pemberian biochar sekam padi dapat meningkatkan nilai pH tanah pada ordo Ultisol, maka semakin tersedia unsur-unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan sulfur.

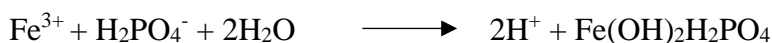
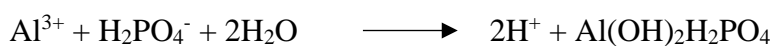
### **2.3 Pengaruh Biochar dan Pupuk Kandang terhadap Adsorpsi P pada Tanah Masam**

Isoterm adsorpsi Langmuir banyak digunakan untuk proses kimia adsorpsi. Proses dari isoterm adsorpsi Langmuir yaitu penyerapannya akan berlangsung secara terus menerus hingga mencapai lapisan tunggal dan akan terus melakukan adsorpsi sampai tercapai lapisan monolayer, sedangkan isoterm Freundlich merupakan isoterm yang paling umum digunakan karena menghasilkan

permukaan yang heterogen dan biasanya banyak terdapat pada bahan alam (Nurdiani, 2005). Jerapan maksimum fosfor yang semakin tinggi di dalam tanah menyebabkan penyerapan fosfor pada tanaman semakin rendah dan kandungan fosfor tersedia dalam tanah semakin rendah. Kandungan fosfor tersedia dalam tanah mempengaruhi serapan oleh tanaman (Soplanit dan Soplanit, 2012).

Fosfor yang ada di dalam tanah dalam bentuk organik dan anorganik. Bentuk organik P ditemukan dalam bahan organik dan humus. Fosfor dalam bahan organik dilepaskan melalui proses mineralisasi melibatkan organisme tanah. Aktivitas mikroba ini sangat dipengaruhi oleh kelembaban tanah dan suhu. Fosfor anorganik bermuatan negatif di sebagian besar tanah. Fosfor bereaksi dengan besi (Fe) bermuatan positif, aluminium (Al), dan kalsium (Ca) untuk membentuk zat relatif tidak larut. Kelarutan senyawa fosfor anorganik secara langsung mempengaruhi ketersediaan P untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan unsur hara di dalam tanah akan optimal pada tingkat kemasaman tanah mendekati netral. Pada kondisi masam hara tanah tidak tersedia karena sebagian besar terfiksasi oleh Al dan Mn pada lahan kering, Fe dan Mn pada lahan sawah. Sedangkan pada tanah bereaksi basa hara tidak tersedia karena terfiksasi oleh hara Ca. Hara Fe yang tersedia pada kondisi masam, selain meracuni tanaman juga menyelubungi akar tanaman sampai tidak dapat menyerap hara tanah, serta dapat mengikat hara P menjadi tidak tersedia. Pada kondisi asam, hara P juga tidak tersedia bagi tanaman karena diikat oleh hara Ca (Kasno dkk., 2016).

Penjerapan ion P pada umumnya terjadi akibat ikatan ion P dengan mineral oksida-hidroksida Al dan Fe di dalam tanah (Lumbanraja, 2012). Pengikatan ion P oleh ion Al dan Fe dapat dilihat sebagai berikut :



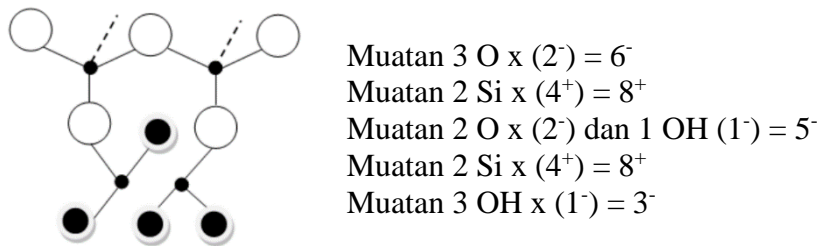
Berdasarkan hasil penelitian Lumbanraja, dkk., (2018), menyatakan bahwa penambahan pupuk NPK dan pupuk organonitrofos ke dalam tanah secara tunggal maupun dikombinasikan mampu mengurangi kapasitas jerapan maksimum P dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi pupuk. Pada Tanah Ultisol yang

tidak diberi perlakuan pupuk anorganik maupun pupuk organik dapat menyerap P lebih tinggi dibandingkan dengan yang diberi perlakuan pupuk anorganik maupun pupuk organik. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanah Ultisol yang tidak diberi perlakuan pupuk memiliki kandungan P yang lebih sedikit, sehingga dapat menyerap P lebih tinggi dan mampu memiliki kapasitas jerapan maksimum P.

Berdasarkan hasil penelitian Ihwanto (2023), menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berupa pupuk kandang ayam dan biochar berpengaruh sangat nyata pada serapan P gabah dan berpengaruh nyata pada serapan P jerami. Penambahan pupuk kandang memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap konsentrasi P, bobot kering tanaman, dan serapan hara P tanaman. Peningkatan bobot kering tanaman mengindikasikan hubungan yang positif terhadap ketersediaan P akibat pemberian bahan organik berupa pupuk kandang sapi yang gilirannya akan meningkatkan konsentrasi P dan serapan P tanaman.

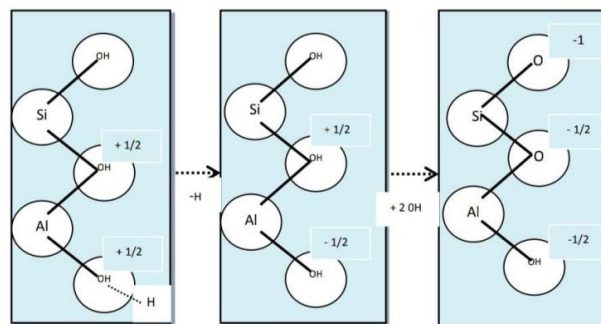
Koloid liat yang memiliki muatan positif akan menyerap P yang berbentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  baik secara langsung maupun melalui *water interface* (Tan, 1998). Selain itu penyerapan P juga dapat melalui mekanisme jembatan kation (*cation bridging*). Kation yang berperan adalah  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada tanah netral dan alkalin, sedangkan pada tanah masam kation yang berperan adalah  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Mekanisme penyerapan P oleh koloid organik mirip dengan jerapan P oleh koloid anorganik, yaitu koloid yang bermuatan positif menyerap P secara langsung, sedangkan koloid yang bermuatan negatif melalui mekanisme jembatan kation (Tan, 1998).

Pada tanah Ultisol memiliki jumlah kaolinit yang banyak, hal ini disebabkan pelapukan liat silikat mencapai puncaknya. Kaolinit merupakan mineral liat Tipe 1:1 dengan rumus kimia  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  (Salam, 2020). Kaolinit memiliki muatan negatif yang kecil (Rodiansono dkk., 2008). Berikut merupakan gambar tipe mineral liat 1:1 :



Gambar 2. Skematik susunan oksigen, hidroksil, silika, pada tetrahedral, dan Al pada dioktahedral mineral liat tipe 1:1 yang tidak mengalami substitusi isomorf (Lumbanraja, 2012).

Muatan negatif di dalam tanah berasal dari 3 sumber, yaitu : muatan negatif patahan mineral liat, muatan negatif hasil substitusi isomorfik, dan muatan negatif asal bahan organik (Salam, 2020). Penambahan bahan organik pada tanah dapat meningkatkan pH pada tanah sehingga meningkatkan muatan negatif pada koloid tanah yang disebabkan oleh patahan mineral liat. Hal ini mengakibatkan penyerapan P menurun dan meningkatkan P tersedia pada tanah. Berikut merupakan gambar perkembangan muatan negatif tanah asal patahan mineral liat silikat :



Gambar 3. Perkembangan muatan negatif tanah asal patahan mineral liat silikat (Bohn and Bohn. 1986)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari – Desember 2022 di Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis sampel tanah, tanaman dan percobaan Langmuir P dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lahan penelitian yang digunakan merupakan lahan penelitian berkelanjutan dengan komoditas yang digunakan adalah tanaman jagung (*Zea mays* L) yang merupakan penelitian pada pertanaman musim ke-3.

Lahan penelitian ini memasuki musim tanam ke-3 dengan sistem rotasi tanaman. Rotasi tanaman dilakukan untuk pengembalian nutrisi dan nitrogen tanah. Pada musim tanam ke-1 komoditas yang digunakan yaitu tanaman jagung (*Zea mays* L) dengan 4 perlakuan yaitu, PPD= Pupuk dasar, PPD + BCR= Pupuk dasar + Biochar 10 Mg ha<sup>-1</sup>, dan PPD + BCR + PKA= Pupuk dasar + Biochar 10 Mg ha<sup>-1</sup> + Pupuk kandang ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup>. Pada musim tanam ke-2 komoditas yang digunakan yaitu tanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.) dengan 4 perlakuan yaitu, PPD= Pupuk dasar, PPD + BCR= Pupuk dasar + Biochar 5 Mg ha<sup>-1</sup>, PPD + PKA= Pupuk dasar+ Pupuk kandang ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup>, dan PPD + BCR + PKA= Pupuk dasar + Biochar 5 Mg ha<sup>-1</sup> + Pupuk kandang ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### 3.2. Alat dan Bahan

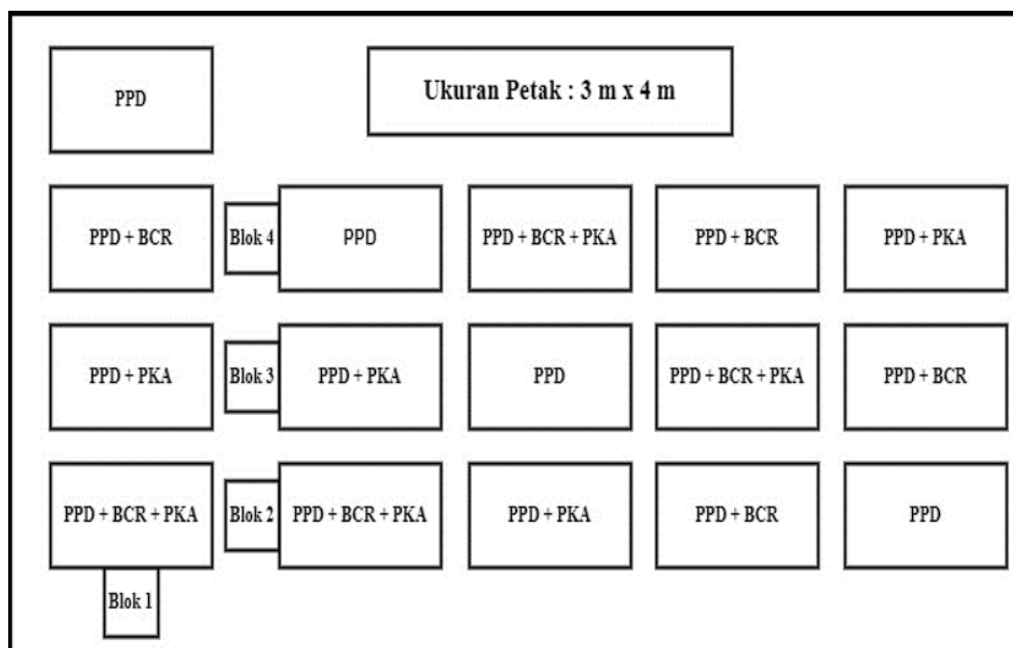
Alat yang digunakan adalah cangkul, koret, pemotong rumput, selang air dan meteran. Sedangkan bahan yang digunakan adalah benih jagung BISI-18, pupuk kandang ayam, biochar sekam padi, pupuk urea, TSP-46, dan KCl. Alat yang

digunakan untuk analisis di laboratorium adalah tabung reaksi, gelas ukur, labu ukur, gelas beaker, corong, kertas saring, kuvet, pengocok, neraca analitik, dan spektrofotometer. Bahan yang digunakan untuk analisis di laboratorium adalah larutan Bray 1, NaF 1N, HCl 0,5N, larutan standar P, larutan kerja (asam molibdat, dan asam askorbat), HCl 25%, dan CaCl<sub>2</sub> 1M.

### 3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 ulangan dan 4 perlakuan dengan perlakuan :

1. PPD : Pupuk dasar
2. PPD + BCR : Pupuk dasar + Biochar 5 Mg ha<sup>-1</sup>
3. PPD + PKA : Pupuk dasar + Pupuk kandang ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup>
4. PPD + BCR+ PKA : Pupuk dasar + Biochar 5 Mg ha<sup>-1</sup>+ Pupuk kandang ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup>



Gambar 4. Denah petak perlakuan di lapang



### **3.4 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.4.1 Persiapan Pupuk Kandang dan Biochar**

Pupuk kandang ayam dan biochar yang digunakan dalam penelitian ini masing-masing terbuat dari kotoran ayam dan sekam padi. Biochar dibuat berdasarkan pembakaran kulit padi secara tidak sempurna. Proses pembakaran kulit padi memakan waktu 2-3 jam hingga dapat disebut sebagai biochar. Biochar yang sudah jadi didinginkan terlebih dahulu sebelum dilakukan penimbangan.

Kemudian biochar dan pupuk kandang ayam ditimbang dengan dosis biochar 5 Mg.ha<sup>-1</sup> dengan kadar air sebesar 30% (7.8 kg/petak), lalu dimasukkan kedalam kantong plastik antara pupuk kandang ayam dan biochar.

#### **3.4.2 Persiapan Lahan**

Pada proses persiapan lahan hal yang dilakukan yaitu, membersihkan lahan dari gulma menggunakan sabit, koret dan pemotong rumput. Setelah gulma dibersihkan, tanah diolah sebanyak 2 kali. Olah tanah pertama dilakukan dengan mencangkul tanah sampai gembur. Kemudian dibuat petak percobaan sebanyak 16 petak dengan dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan, masing-masing petakan berukuran 3m x 4m, dengan jarak antar petak yaitu 0,5 m, dan jarak antar ulangan 1m. Olah tanah yang kedua dilakukan saat menjelang tanam, pada olah tanah kedua ini dilakukan dengan pembentukan guludan setiap baris pada setiap petak yang dilaksanakan setelah pengaplikasian biochar dan pupuk kandang ayam.

#### **3.4.3 Pengaplikasian Biochar dan Pupuk Kandang Ayam**

Pengaplikasian pupuk kandang, dan biochar dilakukan 7 hari sebelum melakukan penanaman benih jagung BISI-18. Pengaplikasian biochar dan pupuk kotoran ayam dilakukan dengan cara disebar langsung ke permukaan tanah yaitu 5 Mg.ha<sup>-1</sup> dengan kadar air biochar sebesar 30 % (7.8 kg/petak), kemudian dilakukan perataan terhadap hasil pengaplikasian, kemudian dilakukan pembuatan guludan sebagai jalur penanaman benih jagung.

### **3.4.4 Pembuatan Jarak dan Lubang Tanam**

Pembuatan jarak tanam dilakukan menggunakan tali rafia yang sebelumnya sudah diberi tanda sesuai dengan jarak yang telah ditentukan menggunakan meteran. Jarak antar lubang tanam 25 cm, Kemudian jarak antar barisan yaitu 60 cm. Selanjutnya pembuatan lubang tanam yang dilakukan dengan menggunakan tugal dengan kedalaman 2-3 cm dan mengikuti tanda pada rafia yang telah sesuai dengan jarak yang sebelumnya telah diukur menggunakan meteran.

### **3.4.5 Penanaman**

Benih jagung yang digunakan adalah varietas BISI-18. Sebelum ditanam benih jagung direndam dengan air lalu dipilah benih jagung yang mengambang di permukaan air. Penanaman benih jagung menggunakan alat bantu tugal, benih ditanam dengan kedalaman sekitar 2-3 cm (cukup dalam untuk menghindari dari gangguan semut, burung, dll) kemudian ditutup dengan tanah. Setiap lubang tanam diisi dengan 3 benih jagung BISI-18. Penanaman menggunakan sistem tanam tugal dengan jarak tanam 25cm x 60cm.

### **3.4.6 Pengaplikasian Pupuk**

Urea, TSP-46, dan KCl menjadi pupuk yang digunakan dalam penelitian ini. Pupuk urea 46% diberikan dalam dosis 400 kg.ha<sup>-1</sup> dengan dua kali aplikasi. Pemberian dosis 150 kg.ha<sup>-1</sup> pada aplikasi pertama dilakukan pada 7 HST, dan dosis 250 kg.ha<sup>-1</sup> dilakukan pada aplikasi kedua yang dilakukan pada 25 HST. Kemudian, pada 7 HST juga dilakukan aplikasi TSP-46 46% dalam dosis 150 kg.ha<sup>-1</sup>. Jumlah KCl 60% dengan dosis 100 kg.ha<sup>-1</sup> diaplikasikan pada waktu yang sama yaitu 7 HST. Cara pemupukannya adalah dengan mencampurkan semua jenis pupuk tersebut dan diberikan ke baris tanaman dengan cara ditugal, lalu ditutup kembali dengan tanah.

### **3.4.7 Pemeliharaan Tanaman**

Pada tahap pemeliharaan pengairan tanaman dilakukan dengan memanfaatkan sistem irigasi tetes (*drips*) untuk menjaga ketersediaan air. Penjarangan dilakukan pada 2 MST dengan cara memotong bagian bawah tanaman menggunakan gunting, sehingga hanya menyisakan satu tanaman yang terbaik dalam satu lubang. Penyiangan gulma disetiap petakan dan memotong tanaman jagung yang terpapar penyakit bulai untuk meminimalisir penyebaran penyakit tersebut.

### **3.4.8 Panen**

Panen dilaksanakan setelah tanaman jagung berumur 110 hari setelah tanam. Pada tahap panen ini diambil 5 tanaman jagung per petak untuk dianalisis. Ciri-ciri jagung yang siap panen adalah memiliki klobot berwarna coklat, rambut jagung hitam kering, dan biji jagung keras. Proses pemanenan tanaman jagung dilakukan dengan cara menebang tanaman jagung menggunakan parang dari atas permukaan tanah, lalu per plot jagung yang dipanen yaitu 5 tanaman tersebut diikat dan diberikan label.

### **3.4.9 Pengambilan Sampel Tanah**

Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu sebelum kegiatan penanaman jagung BISI-18 dan setelah dilakukan pemanenan jagung BISI-18. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak pada 5 titik tiap plot dengan kedalaman 0-20 cm menggunakan bor belgie dan dikompositkan setiap perlakuan, kemudian dikeringudarkan dan diayak hingga lolos ayakan 2 mm.

### **3.4.10 Pengambilan Sampel Tanaman**

Brangkasan, tongkol kosong, dan biji dipilih secara acak dari 5 tanaman di setiap petak percobaan untuk mewakili sampel tanaman. Sampel tanaman dari setiap petak percobaan dipotong-potong menjadi beberapa bagian, ditimbang untuk mengetahui berat basahnya, lalu dioven dengan suhu 60°C selama 72 jam

kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui berat keringnya. Selanjutnya brangkas, tongkol kosong, dan biji yang telah dikeringkan digiling menggunakan mesin penggiling, namun sebelum memulai proses penggilingan sampel dikompositkan terlebih dahulu sesuai perlakuan. Kemudian hasil dari penggilingan tersebut digunakan untuk analisis tanaman.

### **3.5 Variabel Pengamatan**

Variabel utama pengamatan yang diamati pada penelitian ini yaitu Adsorpsi maximum P dan relatif energi ikatan P, P terpanen dan Produksi jagung BISI-18. Sedangkan variable pendukung yang akan diamati pada penelitian ini yaitu pH Tanah, KTK, C-Organik, P-tersedia.

### **3.6 Percobaan Laboratorium**

#### **3.6.1 Analisis Tanah**

Analisis tanah dilakukan pada sampel tanah yang diambil sebelum tanam dan sesudah panen. Sampel tanah yang sudah diambil kemudian dikering udarakan dan diayak dengan ukuran 2 mm. Analisis yang dilakukan adalah P- tersedia (Metode Bray 1), P-potensial (Metode HCl 25%), pH (pH meter), KTK (Amonium Asetat 1N pH 7) (Thom dan Utomo, 1991). Sebelum analisis tersebut dibuat terlebih dahulu beberapa larutan.

##### **3.6.1.1 Persiapan Pembuatan Larutan**

###### **3.6.1.1.1 Pembuatan Larutan Bray 1**

Pembuatan larutan ekstraksi Bray yang pertama adalah pengenceran 4,15 ml HCl dan 3,7 g  $\text{NH}_4\text{F}$  di dalam labu ukur 100 ml dan ditambah aquades pada keduanya hingga tera. Kedua diambil 50 ml HCl dan 30 ml  $\text{NH}_4\text{F}$  dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan ditambah aquades hingga tera (Thom dan Utomo, 1991)

### 3.6.1.1.2 Pembuatan Larutan Kerja

Larutan kerja Peraksi Amonium Molibdat, dilarutkan 62,5 g  $\text{NH}_4\text{Mo}$  di dalam 200 ml aquades di gelas beaker. Ketika sudah larut dimasukkan 1,45 g antimonil kalium tartarat dilarutkan kembali ke dalam larutan ammonium molibdat dan dituangkan 750 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat secara perlahan dan dinginkan. Kemudian pada wadah yang berbeda 105,6 g kristal asam askorbat dilarutkan ke dalam labu ukur 1 L dan aquades ditambahkan hingga tera. Encerkan sesuai dengan volume akhir yang dibutuhkan (Thom dan Utomo, 1991).

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Larutan Kerja

Jumlah Sampel	Asam Molibdat	Asam Askorbat	Air Distilata	Volume Akhir
	..... (ml) .....			
24	5	2,5	242,5	250
49	10	5	485	500
74	15	7,5	727,5	750
99	20	10	970	1000

### 3.6.1.1.3 Pembuatan Larutan Standar

Ditimbang 0,4394g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  kemudian diencerkan di dalam gelas beaker sampai larut dan dipindahkan ke dalam labu ukur 1 L kemudian ditera. 25 ml larutan standar P 100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  dipipet dan dimasukkan ke labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tera. Kemudian deret P dibuat pada kisaran 0; 0,5 ;1,0 ;1,5 ;2,0 ;2,5  $\text{mg P L}^{-1}$  (Thom dan Utomo, 1991).

Tabel 2. Komposisi Pembuatan Deret Standar P.

Konsentrasi P ( $\text{mg P L}^{-1}$ )	Larutan Standar 25 mg $\text{P L}^{-1}$ (ml)	Volume Akhir (ml)
0	0	100
0,5	2	100
1,0	4	100
1,5	6	100
2,0	8	100
2,5	10	100

#### **3.6.1.1.4 Pembuatan Larutan HCl 25%**

Pembuatan larutan ekstraksi HCl 25% menggunakan 338 ml HCl lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml kemudian ditera dengan aquades (Thom dan Utomo, 1991).

#### **3.6.1.2 Pengukuran P Tersedia**

Berdasarkan penelitian Rahmi (2007) penetapan P-tersedia dengan metode Bray-I dilakukan dengan cara ditimbang 2 g sampel tanah < 2 mm kering udara dan ditambahkan pengekstrak Bray dan Kurt I (larutan 0,025 N HCl + NH<sub>4</sub>F 0,03 N) sebanyak 20 ml. Kemudian dikocok selama 30 menit. Selanjutnya, diambil larutan standar dan suspensi sebanyak 5 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Ditambahkan 10 ml larutan kerja dan kemudian diukur menggunakan *spectrophotometer* (Thom dan Utomo, 1991).

#### **3.6.1.3 Pengukuran P-Potensial**

Berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005) penetapan kadar P-Potensial dilakukan dengan ditimbang tanah sebanyak 2 g, kemudian dimasukkan kedalam botol kocok dan ditambahkan larutan HCl 25% sebanyak 25 ml lalu campuran dikocok selama 2 jam, setelah itu disentrifugasi kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Dipipet 0,5 ml ekstrak jernih contoh ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 9,5 ml air bebas ion kemudian dihomogenkan. Setelah itu dipipet 2 ml ekstrak sampel encer dan deret standar masing-masing dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna P dan dihomogenkan, setelah itu diukur dengan menggunakan *spectrophotometer* (Thom dan Utomo, 1991).

#### **3.6.1.4 Pengukuran pH Tanah**

Metode penetapan pH tanah yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu secara kolorimetri yang berdasarkan pH meter. Nisbah antara air dengan tanah yang

digunakan umumnya adalah 1 : 1, 1 : 2,5 atau 1 : 5. Timbang 3 g sampel tanah masing-masing dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 15 ml aquades dan KCL ke dalam botol lainnya (pH H<sub>2</sub>O) dan (pH KCL). Kemudian dikocok selama 30 menit. Suspensi tanah diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0 (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.6.1.5 Penetapan KTK Tanah**

Penetapan KTK Tanah menggunakan larutan NH<sub>4</sub>Oac 1N dan 0,01 N. Sampel tanah ditimbang 5 g dimasukkan ke dalam botol kocok dan ditambah 50 ml NH<sub>4</sub>Oac 1 N lalu dikocok dan disentrifus. Larutan dibuang lalu sampel tanah ditambahkan NH<sub>4</sub>Oac 0,01 N dikocok, disentrifus, dan larutan dibuang, kemudian ditambah alkohol 96% dikocok, disentrifus, dan larutan dibuang, kemudian diulangi 1 kali lagi menggunakan alkohol 96%. Ditambahkan NaCl 10% dikocok dan disentrifus (Thom dan Utomo, 1991).

Larutan tersebut dimasukan ke labu destilasi dan ditambah 20 ml NaOH 40% dan dihubungkan ke destilasi uap. Diujung alat destilasi diletakkan erlenmeyer 100 ml yang sudah berisi 25 ml asam borat dan indikator pewarna campuran bromkesol hijau dan metal merah. Kemudian ditunggu hingga erlenmeyer mencapai volume 40-50 ml dan berwarna hijau. Erlenmeyer tersebut dititrasi dengan HCl 0,1 N di dalam buret kemudan dicatat ml HCl yang digunakan sampai filtrat sampel menjadi warna merah muda (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.6.2 Analisis Tanaman**

Analisis tanaman dilakukan dengan menganalisis P terangkut pada sampel tanaman, yaitu brangkasan, tongkol, dan biji jagung. Penyiapan analisis jaringan tanaman dengan cara pengabuan kering yaitu, jaringan tanaman kering oven dengan berat 1 gram dikeringabukan dalam tungku pengabuan dengan suhu 300°C selama 2 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 500°C dan diabukan selama 4 jam. Setelah tungku pengabuan dimatikan, sampel dibiarkan dingin. Setelah dingin sampel dibasahi dengan beberapa tetes air destilata (sampai basah),

kemudian ditambahkan 10 ml HCl 1 N di atas lempengan pemanas dan dibiarkan mendidih.

Cawan dipindahkan dan dibiarkan dingin, kemudian abu disaring menggunakan kertas saring yang telah dibilas dengan larutan asam ke dalam labu ukur 100 ml, setelah itu cawan dibilas menggunakan 10 ml HCl 1 N dan dituangkan kembali ke kertas saring yang tadi. Kemudian kertas saring dibilas menggunakan air destilata 50 ml dan larutan diencerkan dalam labu ukur dengan mengisi sampai volume tera. Bagian tanaman yang dianalisis adalah batang dan daunnya, kemudian brangkasan dimasukkan ke dalam oven. Setelah itu bagian tanaman yang dianalisis diabukan, dan dianalisis tanaman untuk menentukan kadar unsur hara P terangkut dalam tanaman tersebut (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.6.3 Model Isotermik Langmuir**

Penetapan jerapan P dilakukan dengan pendekatan model Langmuir (Fox dan Kamprath, 1970). Prosedur ini disadur dari (Sari, 2015; Carter dan Gregorich, 2008; Fiantis, 2004) yang memiliki modifikasi pada pembuatan larutan seri P.

### **3.6.4 Pembuatan Larutan Seri P**

Larutan seri yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 10, 20, 50, 100, dan 200 ppm P yang mengandung 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. Langkah pembuatan larutan seri 10 ppm P yaitu dengan memasukkan 10 ml larutan KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1000 ppm P ke dalam labu ukur 1000 ml, kemudian ditambahkan larutan CaCl<sub>2</sub> 1M sebanyak 10 ml dan ditambahkan dengan aquades hingga 1000 ml. Langkah yang sama dilakukan hingga mencapai konsentrasi 200 ppm P.



Tabel 3. Pembuatan larutan seri P.

ppm P	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1000 ppm P (ml)	CaCl <sub>2</sub> 1M (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

### 3.6.5 Pembuatan Larutan KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> dan Larutan CaCl<sub>2</sub>

Pembuatan larutan KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1000 ppm P dilakukan dengan menimbang 4,3931 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> kemudian dilarutkan menggunakan air destilata (aquades) hingga 1000 ml. Sedangkan larutan CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O 1 M dibuat dengan melarutkan 147 g CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O sebanyak 700 ml air destilata, kemudian ditera hingga 1000 ml.

### 3.6.6 Penetapan Jerapan Fosfor pada Tanah dengan Model Isotermik Langmuir

Masing-masing tanah ditimbang satu gram dan dimasukkan ke dalam botol kocok, lalu ditambahkan 10 ml larutan seri P, yaitu 0, 10, 20, 50, 100, dan 200 ppm P yang dicampur dengan larutan CaCl<sub>2</sub> 1 M. Kemudian contoh tanah dikocok menggunakan shaker selama 2 jam. Kemudian disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, kemudian ekstrak jernih digunakan dalam pengukuran fosfor. Setelah itu, fosfor yang terlihat pada supernatan (larutan tanah) diukur menggunakan kalorimeter menggunakan *spectrophotometer* dengan panjang gelombang 720 nm. sedangkan fosfor yang terjerap di dalam tanah merupakan selisih konsentrasi larutan fosfor yang diberikan dengan fosfor yang terekstrak pada supernatan (larutan tanah).

### 3.6.6.1 Analisis Jerapan Fosfor pada Tanah dengan Model Isotermik Langmuir

Parameter isotermik Langmuir digunakan untuk menganalisis jerapan P dalam tanah dengan persamaan :

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b} C$$

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{Kb} + \frac{C}{b} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :  $\frac{C}{q}$  = Indeks jerapan P

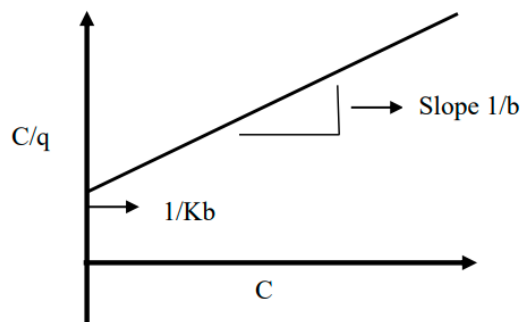
K = Relatif energi ikatan P

b = Jerapan maksimum (mg P kg<sup>-1</sup>)

C = Konsentrasi kesetimbangan P dalam larutan (mg P L<sup>-1</sup>)

q = Jumlah P terjerap (mg P kg<sup>-1</sup>)

P tanah diperoleh dari pengurangan P awal dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan. Konsentrasi P larutan kesetimbangan (C) dan jerapan P (q) dari masing-masing perlakuan dapat dihitung jerapan maksimum P (b) dan konstanta relatif energi ikatan P (K) dari tapak jerapan. Penetapan jerapan maksimum (b) dan konsentrasi relatif energi ikatan (K) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi linier  $y = m + nx$ .



Keterangan :  $C/q$  = indeks jerapan P; C = konsentrasi kesetimbangan P dalam larutan (mg P L<sup>-1</sup>); K = relatif energi ikatan; b = jerapan maksimum (mg P kg<sup>-1</sup>); dan q = jumlah P terjerap (mg P kg<sup>-1</sup>) (Ihwanto, 2023).

Gambar 5. Hubungan antara nisbah konsentrasi ion dalam larutan (C) terhadap fraksi ion teradsorpsi pada koloid tanah (C/q) dengan konsentrasi ion tersebut dalam larutan tanah (C) dengan satu lapis adsorpsi.

Oleh karena itu, dari persamaan (1), nilai jerapan maksimum P (b) dicari menggunakan persamaan regresi linier, sebagai berikut :

$$\frac{1}{b} = n$$

$$b = \frac{1}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : b = Jerapan maksimum (mg P kg<sup>-1</sup>)

n = intercent

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

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

$$1 = m.K.b$$

$$K = \frac{1}{mb}$$

$$K = \frac{1}{m \frac{1}{n}}$$

$$K = \frac{n}{m} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan : K = Relatif energi ikatan P

b = Jerapan maksimum (mg P kg<sup>-1</sup>)

m = slope

n = intercent

### 3.7 Analisis data

#### 3.7.1 Uji F (Analisis Ragam)

Homogenitas ragam produksi kering tanaman yaitu brangkasan, tongkol, biji dan P-terpanen pada tanaman jagung BISI 18 diuji dengan menggunakan uji Bartlet dan aditivitas diuji dengan menggunakan uji Tukey. Selanjutnya dilakukan Analisis Ragam dan perbedaan nilai rata-rata perlakuan yang memenuhi asumsi diuji dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) (Susilo, 2013).

#### 3.7.2 Uji Student-t

Uji Student-t pada taraf nyata 5 % dilakukan untuk melihat perbedaan antara masing-masing jerapan maksimum fosfor (X<sub>max</sub>) di dalam tanah pada setiap perlakuan dan masing-masing relatif energi ikatan fosfor (K<sub>L</sub>) dan jerapan

maksimum ( $X_{max}$ ) di dalam tanah pada setiap perlakuan yang menggunakan model isotermik Langmuir (Susilo, 2013).

### **3.7.3 Uji Korelasi**

Uji korelasi dilakukan untuk melihat hubungan jerapan maksimum ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan fosfor ( $K_L$ ) dengan P tersedia, P total, C organik, dan hara P pada brangkasan, tongkol, dan biji jagung. Kemudian melihat hubungan hara P brangkasan, tongkol, dan biji jagung BISI-18 dengan tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering dan produksi jagung (Susilo, 2013).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

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

1. Perlakuan pupuk dasar (Urea : 400 kg.ha<sup>-1</sup>, TSP-46 : 150 kg.ha<sup>-1</sup>, KCl : 100 kg.ha<sup>-1</sup>) dan biochar sekam padi atau pupuk kandang ayam dengan dosis masing masing 5 Mg.ha<sup>-1</sup> mampu menurunkan jerapan maksimum ( $X_{max}$ ) dan meningkatkan nilai relatif energi ikatan ( $K_L$ ) fosfor di tanah Ultisol Gedung Meneng.
2. Pemberian pupuk kandang ayam, biochar, serta kombinasi keduanya dengan dosis masing-masing 5 Mg.ha<sup>-1</sup> mampu meningkatkan produksi tanaman jagung BISI - 18 dan P terpanen pada tanaman Jagung BISI-18 di Tanah Ultisol Gedung Meneng.
3. Jerapan maksimum ( $X_{max}$ ) fosfor tanah sebelum tanam berkorelasi positif dengan P-tersedia namun tidak berkorelasi terhadap P-brangkasan, P-biji, P-tongkol, produksi jagung, P-total, dan C-organik. Relatif energi ikatan ( $K_L$ ) fosfor pada tanah sebelum tanam tidak berkorelasi terhadap P-tersedia, P-brangkasan, P-biji, P-tongkol, produksi jagung, P-total, dan C-organik. Sedangkan pada setelah panen Jerapan maksimum ( $X_{max}$ ) fosfor tanah berkorelasi positif terhadap P-tersedia namun tidak berkorelasi dengan P-brangkasan, P-biji, P-tongkol, produksi jagung, P-total, dan C-organik. Relatif energi ikatan ( $K_L$ ) fosfor pada tanah setelah panen berkorelasi positif terhadap P-biji, P-tongkol, dan produksi jagung namun tidak berkorelasi terhadap P-tersedia, P-brangkasan, P-total dan C-organik.

## 5.1 Saran

Dari hasil penelitian perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan biochar terhadap produksi, jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah Ultisol. Kemudian untuk petani-petani disarankan menggunakan pupuk dasar (Urea : 400 kg.ha<sup>-1</sup>, TSP-46 : 150 kg.ha<sup>-1</sup>, KCl : 100 kg.ha<sup>-1</sup>) dan pupuk kandang ayam dengan dosis 5 Mg.ha<sup>-1</sup> pada tanah yang akan ditanami tanaman. Hal ini dikarenakan pada hasil penelitian, pemberian pupuk dasar (Urea : 400 kg.ha<sup>-1</sup>, TSP-46 : 150 kg.ha<sup>-1</sup>, KCl : 100 kg.ha<sup>-1</sup>) dan pupuk kandang ayam dengan dosis 5 Mg.ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan produksi tanaman jagung dan ketersediaan fosfor pada pertanaman jagung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F.N., Siswanto, B., dan Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di entisol ngrangkah pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2(2): 237-244.
- Akande, M.O., Makinde, E.A., Oluwatoyinbo, F.I. and Adetunji, M.T. 2010. Effects of phosphate rock application on dry matter yield and phosphorus recovery of maize and cowpea grown in sequence. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 4(5): 293-303.
- Akasah, W., dan Damanik, M. M. B. (2018). Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Pemberian Kombinasi Bahan Organik dan SP-36 pada Tanah Ultisol: P uptake and growth of maize (*Zea mays* L.) due to the combination of organic matter and SP-36 fertilizer on Ultisol. *Jurnal Online Agroteknologi*. 6(3): 640-647.
- Amir, L., Sari, A.P., Hiola, S.F. dan Jumadi, O. 2012. Ketersediaan nitrogen tanah dan pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor* L.) yang diperlakukan dengan pemberian pupuk kompos Azolla. *Jurnal Sainsmat*. 1(2): 167-180.
- Atman, A. 2020. Peran Pupuk Kandang dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Sains Agro*. 5(1): 1-12.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2, Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Agro Inovasi. Bogor. 121 hal.
- Bubba, M. D., Arias, C. A., and Brix, H.. 2003. Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds as measured by the Langmuir isotherm. *Water Research*. 37: 3390-3400.

- Bohn, H. L., and Bohn, R. K. 1986. Solid activity coefficients of soil components. *Geoderma*. 38(4): 3-18.
- Carter, M.R., and Gregorich, E.G.. 2008. *Soil Sampling and Methods of Analysis 2nd Edition*. Taylor and Francis Group. United States of America. 1221 hal.
- Chairunissya, R. A., Hanum, H., dan Hidayat, B.. 2017. Aplikasi bahan organik dan biochar untuk meningkatkan C-organik, P dan Zn tersedia pada tanah sawah. *Jurnal Agroetnologi FP USU*. 5(3): 494-499.
- Dzikirullah, M., Mindari, W., dan Priyadarshini, R.. 2021. Efektifitas serapan P dan hasil padi (*Oriza sativa* L.) sawah akibat pemberian pupuk Si dan asam humat. *Plumula: Berkala Ilmiah Agroetnologi*,. 9(1): 36-47.
- Endriani, Sunarti, dan Ajidirman. 2013. Pemanfaatan biochar cangkang kelapa sawit sebagai soil amandement Ultisol sungai Bahar-Jambi. *Jurnal Penelitian Univeritas Jambi Seri Sains*. 15(1): 39-46.
- Fiantis, D. 2004. *Morfologi dan Klasifikasi Tanah*. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 120 Hal.
- Firnia, D. 2018. Dinamika unsur fosfor pada tiap horison profil tanah masam. *Jurnal Agroekoteknologi*. 10(1): 45-52.
- Fox, R.L., and Kamprath, E.J. 1970. Phosphate Sorption Isotherms for Evaluating the Phosphorus Requirement of Soils. *Soil Science Society of America Journal*. (34): 902-907.
- Grant, C., Bittman, S., Montreal, M., Plenchette, C., and Morel, C. 2005. Soil and fertilizer phosphorus effects on plant p supply and mycorrhizal development. *Canadian Journal of Plant Science*. 85(1): 3-14.
- Hanafiah, A.S., Sabrina, T., dan Guchi, H. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Program Studi Agroetnologi. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan. 574 hal.
- Hartatik, W., dan Widowati, L. R. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 82 Hal.
- Hermawan, A., Sabaruddin, Marsi, Hayati, R., dan Warsito. 2014. Perubahan jerapan P pada Ultisol akibat pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 11(1): 1-10.



- Hidayah, U., Puspitorini, P., dan Setya, A. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt. L.) Varietas Gendis. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*. 10(1): 1-19.
- Hossain, M.D., Musa, M.H., Talib, J., and Jol, H. 2010. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Pottasium Levels on Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Growth and Phosynthesis Under Nutrient Solution. *J.Agric.Sci*. 2(2): 49-57.
- Ihwanto, N. A. A. 2023. Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Biochar terhadap Perilaku Adsorpsi Fosfor (P) dan P Terpanen pada Pertanaman Padi Gogo. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 41 Hal.
- Karo, A., Lubis, A., dan Fauzy. 2017. Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Akibat Pemberian Beberapa Pupuk Organik dan Waktu Inkubasi. *Jurnal Agroteknologi FP USU*. 5(2) : 277-283.
- Kasno, A., Rostaman, T., dan Setyorini, D. 2016. Peningkatan produktivitas lahan sawah tadah hujan dengan pemupukan hara N, P, dan K dan penggunaan padi varietas unggul. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40(2): 147-157.
- Kementrian Pertanian. 2021. Analisis Kinerja Perdagangan Jagung. *Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian*. 5-24 Hal.
- Khair, H., Pasaribu, M.S. dan Suprpto, E. 2013. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.) terhadap pemberian pupuk kandang ayam dan pupuk organik cair plus. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*. 18(1): 13-22.
- Kusumastuti, A. 2014. Soil Available P Dynamics, pH, organic-C, and P Uptake of Patchouli (*Pogostemon Cablin Benth.*) at Various Dosages of Organic Matters and Phosphate in Ultisols. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 14(3): 145-151.
- Leki, W., M. A. Lelang., I. C. O. Roberto dan Taolin. 2016. Pengaruh Takaran Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.) yang Ditumpangsarikan dengan Kedelai (*Glycine max*, (L.) Merril). *Savana Cendana*. 1(1): 17-23.
- Lelu, P. K., Y. P. Situmeang dan M. Suarta. 2017. Aplikasi Biochar dan Kompos terhadap Peningkatan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Gema Agro*. 23(1): 24-32.

- Lumbanraja, J. 2012. *Geologi, Petrologi, dan Mineralogi Tanah*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 191 hal.
- Lumbanraja, J., Satgata, 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.
- Lumbanraja, L., H. Novpriansyah, A. Niswati, and T. P. Sari. 2016. Phosphorus adsorption behavior as affected by compost, iron ion, and iron concretion in highly wheathered soil. *Proceeding at the 6<sup>th</sup> Internasional Symposium for the Development of Integrated Pest Management in Asia and Africa*. 29-35. Nigata, March, 1-3<sup>th</sup>.
- Lynch, J. P. (2007). Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany*. 55(5): 493-512.
- Mehdi, S. M., Rehman, O., Ranjha, A. M., and Sarfraz, M. 2007. Adsorption capacities and availability of phosphorus in soil solution for rice wheat cropping system. *World Applied Science Journal*. 2(4): 244-265.
- Minardi, S., Syamsiyah, J., dan Sukoco. 2011. Pengaruh bahan organik dan pupuk fosfor terhadap ketersediaan dan serapan fosfor pada andisols dengan indikator tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 8(1): 23-30.
- Nisa, K. 2010. Pengaruh pemupukan NPK dan biochar terhadap sifat kimia tanah, serapan hara dan hasil tanaman padi sawah. *Thesis*. Banda Aceh. Universitas Syiah Kuala.
- Nita, C.E., Siswanto, B., dan Utomo, W.H. 2015. Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian bahan organik (blotong dan abu ketel) terhadap Porositas Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Tebu Pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2(1): 119-127.
- Nugroho, A., Gusmara, H., dan Simanihuruk, B. W. 2019. Dampak residu lumpur sawit dan dolomit terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) di Ultisol. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(2): 91-98.
- Nurida, N.L. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 8(3): 57-68.

- Nursyamsi, D., dan Setyorini, D. 2009. Ketersediaan P tanah-tanah netral dan alkalin. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 30(1): 25-36.
- Purba, S. T. Z., Damanik, M. M. B., dan Lubis, K. S. 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.
- Putri, V. I., dan Hidayat, B. (2017). Pemberian Beberapa Jenis Biochar Untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Online Agroteknologi*. 5(4): 824-828.
- Rajmi, S. L., Margaretha, M., dan Refliati, R. 2018. peningkatan ketersediaan P ultisol dengan pemberian fungi mikoriza arbuskular. *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*. 1(2): 42-48.
- Rodiansono, R. Ariantie, and Abdullah. 2008. Intercalation of Olygomer of Hydroxyl-chromium Into Natural Kaolinite. *Indonesian Journal of Chemistry*. 8(1): 31-36.
- Safitri, I. N., Setiawati, T. C., dan Bowo, C. 2018. Biochar dan kompos untuk peningkatan sifat fisika tanah dan efisiensi penggunaan air. *Jurnal Penelitian*. 7(1): 116-127.
- Saidy, A. R. S.. 2018. *Bahan Organik Tanah: Klasifikasi, Fungsi dan Metode Studi*. Lampung Mangkurat University Press. 145 hal.
- Salam, A. K.. 2020. *Ilmu Tanah*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 393 hal.
- Sanchez, P. A. 1977. Properties and Management of Soils in the Tropics. *Soil science*. 124(3): 187.
- Saputra, I. 2017. Analisis Efisiensi Produksi dan Perilaku Petani dalam Menghadapi Risiko pada Usahatani Jagung di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 2-42 Hal.
- Sari, M. N., Sudarsono, S., dan Darmawan, D. 2017. Pengaruh Bahan Organik terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-Tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 65-71.

- 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.
- Satgada, C. P. 2017. Hubungan Perilaku Jerapan dan Ketersediaan Fosfor Dalam Tanah dengan P-Terangkut oleh Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Akibat Perlakuan Pupuk Organonitrofos dan Npk di Tanah Ultisol Gedung Meneng. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 83 hal.
- Soplanit, M., dan Soplanit, R. 2012. Pengaruh bokashi ela sagu pada beberapa tingkat kematangan dan pupuk SP-36 terhadap serapan P dan pertumbuhan jagung (*Zea mays* L.) pada Tanah Ultisol. *Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*. 1(1): 60-68.
- Susilo, F. X. 2013. *Aplikasi Statistika untuk Analisis Data Riset Proteksi Tanaman*. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung. 168 Hal.
- Syahputra, I. 2019. Aplikasi pupuk kotoran ayam terhadap produksi jagung manis (*Zea Mays Saccharata* Start) dan kedelai hitam (*Glycine Max* L. Merr) dengan sistem tumpang sari. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Pembangunan Panca Budi. 42 Hal.
- Syaifudin, A., Buchari, B., Prasetyo, D., dan Lumbanraja, J. 2022. Pengaruh Perlakuan Pupuk Kandang Ayam dan Biochar terhadap Respirasi Tanah dan Produksi Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Ultisol. *Journal of Tropical Upland Resources*. 4(2): 1-15.
- Tan, K. H. 1998. *Principles of Soil Chemistry*. Third Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York. pp 560.
- Thom, W.O., dan Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Penerbit Universitas Lampung. Bandar Lampung. 85 Hal.
- Wawan, W. 2017. *Pengelolaan Bahan Organik*. Buku Ajar. Pekanbaru. 128 hal.
- Widowati, dan Sutoyo. 2013. *Kombinasi Jenis Biochar dan Perimbangan Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung pada Tanah Terdegradasi*. Prosiding. 1–10.

Yuniarti, A., Solihin, E., dan Putri, A. T. A. 2020. Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH tanah, P tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada Inceptisol. *Jurnal Kultivasi*. 19(1) : 1040-1046.