

**PERILAKU JERAPAN FOSFOR DAN FOSFOR TERPANEN PADA
PERTANAMAN EDAMAME (*Glycine max* L. *Merril*) AKIBAT
PERLAKUAN OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN DI TANAH
ULTISOL GEDUNG MENENG PADA MUSIM TANAM KE-10**

(Skripsi)

Oleh

**AMALIA HAYATI
2114181021**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PERILAKU JERAPAN FOSFOR DAN FOSFOR TERPANEN PADA
PERTANAMAN EDAMAME (*Glycine max* L. Merril) AKIBAT
PERLAKUAN OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN DI TANAH
ULTISOL GEDUNG MENENG PADA MUSIM TANAM KE-10**

Oleh

AMALIA HAYATI

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
2025**

ABSTRAK

PERILAKU JERAPAN FOSFOR DAN FOSFOR TERPANEN PADA PERTANAMAN EDAMAME (*Glycine max* L. *Merril*) AKIBAT PERLAKUAN OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN DI TANAH ULTISOL GEDUNG MENENG PADA MUSIM TANAM KE-10

Oleh:

AMALIA HAYATI

Tanah Ultisol Gedung Meneng memiliki unsur hara yang rendah, bahan organik yang rendah, pH tanah yang cenderung masam, serta tingkat kejenuhan Al dan Fe yang tinggi. Oksida Al dan Fe pada tanah yang masam memiliki tingkatan muatan positif yang tinggi sehingga mengakibatkan tingginya jerapan P pada tanah Ultisol. Hal tersebut menyebabkan rendahnya ketersediaan P pada tanah Ultisol sehingga P terpanen pada tanaman juga rendah. Upaya untuk menurunkan jerapan P dan meningkatkan P terpanen yaitu dengan intensifikasi lahan dan pemupukan baik secara organik maupun anorganik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap jerapan fosfor, jumlah fosfor terpanen dan korelasi antara jerapan fosfor dengan fosfor terpanen tanaman edamame. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdapat dua faktor perlakuan. Faktor pertama ialah olah tanah (T) yaitu tanah minimum (T0) dan olah tanah intensif (T1). Faktor kedua ialah pemupukan (P) yaitu tanpa pupuk (P0) dan aplikasi pupuk (NPK 200 kg ha⁻¹ dan pupuk kandang ayam 1000 kg ha⁻¹) (P1). Setiap perlakuan dilakukan 4 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah minimum mampu menurunkan jerapan maksimum P (X_{max}), namun tidak berpengaruh nyata terhadap P-terpanen dan biomassa kering tanaman edamame. Sedangkan, pemberian pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ dan pupuk kandang ayam 1000 kg ha⁻¹ mampu menurunkan jerapan maksimum P (X_{max}) dan berpengaruh nyata terhadap P-terpanen dan biomassa kering tanaman edamame. Selain itu, jerapan maksimum P (X_{max}) menunjukkan korelasi negatif terhadap P-tersedia dan P-potensial.

Kata Kunci: edamame, jerapan maksimum P (X_{max}), olah tanah, P terpanen, pupuk.

ABSTRACT

PHOSPHORUS ADSORPTION BEHAVIOR AND HARVESTED PHOSPHORUS IN EDAMAME (*Glycine max* L. Merrill) AS AFFECTED BY TILLAGE AND FERTILIZATION IN ULTISOL OF GEDUNG MENENG DURING THE 10TH PLANTING SEASON

By:

AMALIA HAYATI

The Ultisol soil in Gedung Meneng has low nutrient content, low organic matter, an acidic soil pH, and high saturation of aluminum (Al) and iron (Fe). These characteristics promote strong phosphorus (P) adsorption by Al and Fe oxides, limiting availability P and subsequent plant uptake. This study evaluated the effects of tillage intensity and fertilization on P adsorption behavior, harvested P, and the relationship between adsorption and harvested in edamame. A factorial randomized complete block design was employed with two tillage regimes minimum tillage (T0) and intensive tillage (T1) and two fertilization treatments: no fertilizer (P0) and combined application of NPK at 200 kg ha⁻¹ plus chicken manure at 1000 kg ha⁻¹ (P1). Each treatment was replicated four times. The results showed that the minimum tillage treatment can reduce the maximum P adsorption ($X_{\max}$), but does not have a significant effect on harvested P and dry biomass of edamame plants. In contrast, the application of 200 kg ha⁻¹ NPK fertilizer and 1000 kg ha⁻¹ chicken manure can reduce the maximum P adsorption ($X_{\max}$) and has a significant effect on harvested P and dry biomass of edamame plants. Additionally, the maximum P adsorption ($X_{\max}$) showed a negative correlation with available P and potential P.

Keywords: edamame, fertilization, phosphorus adsorption ($X_{\max}$), phosphorus harvested, tillage.

Judul Skripsi

: PERILAKU JERAPAN FOSFOR DAN
FOSFOR TERPANEN PADA
PERTANAMAN EDAMAME (*Glycine max*
L. Merril) AKIBAT PERLAKUAN OLAH
TANAH DAN PEMUPUKAN DI
TANAHULTISOL GEDUNG MENENG PADA
MUSIM TANAM KE-10.

Nama Mahasiswa

: **Amalia Hayati**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114181021

Program Studi

: Ilmu Tanah

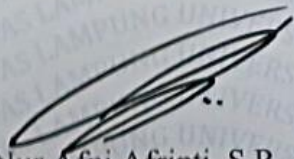
Fakultas

: Pertanian

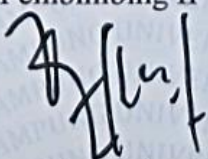


1. Komisi Pembimbing

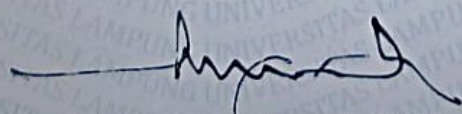
Pembimbing I


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

Pembimbing II


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

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah


Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

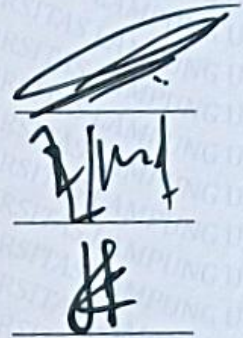
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

Penguji : Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Perilaku Jerapan Fosfor dan Fosfor Terpanen Pada Tanaman Edamame (*Glycine max* L. Merril) Akibat Perlakuan Olah Tanah dan Pemupukan Pada Musim Tanam Ke-10”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Penelitian ini merupakan penelitian berkelanjutan Prof. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc., Ph.D., Septi Nurul Aini, S.P., M.Si., dan Astriana Rahmi Setiawati, S.P., M.Si., dengan dana DIPA Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika pernyataan ini dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025

Penulis,



Amalia Hayati

NPM 2114181021

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada 15 Maret 2003. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Fachriza Farid dan Ibu Lisdawati. Tahun 2009-2014 menempuh pendidikan di SD Negeri Kramat 08 dan SD Negeri 22 Lawang Kidul pada tahun 2014-2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 2 Lawang Kidul pada tahun 2015-2018 dan SMA Perguruan Ksatria pada tahun 2018-2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis pernah menjadi asisten praktikum di beberapa mata kuliah seperti Biologi Dasar, Kimia Dasar Anorganik, Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Praktik Pengenalan Pertanian, dan Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman pada semester yang berbeda-beda. Penulis menjadi perwakilan jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung dalam kegiatan Pemilihan Mahasiswa Berprestasi (PILMAPRES) tingkat Fakultas pada tahun 2024.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata pada Januari 2024 di Desa Kahuripan Dalam, Kecamatan Menggala Timur, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis melaksanakan Praktik Umum di Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Lampung, Bandar Lampung. Penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus pada tingkat universitas yaitu BEM U KBM Unila sebagai staff ahli Kementerian Luar Negri (2023-2024).

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai
dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah ayat 286)*

*“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada
kemudahan”
(Q.S Al-Insyirah ayat 5)*

*“No matter what happens in life, be good to people.
Being good to people is wonderfull legacy to leave
behind”
(Taylor Swift)*

*“I get tired a lot but I never get tired of it”
(Taylor Swift)*

*“Jalanmu kan sepanjang niatmu, buka lagi visimu, kau
tahu mana urutan satu ”
(Perunggu – 33x)*

*“In the end, I’m gonna be alright”
(LANY – Thru These Tears)*

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah Subhanallahu wa ta'ala atas rahmat, taufik dan hidayah yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perilaku Jerapan Fosfor dan Fosfor Terpanen pada Pertanaman Edamame (*Glycine max* L. *Merril*) akibat Perlakuan Olah Tanah dan Pemupukan di Tanah Ultisol Gedung Meneng pada Musim Tanam ke-10”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat utama dalam mencapai gelar Sarjana Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang terlibat dalam proses penelitian maupun 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.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung.
3. Ibu Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Septi Nurul Aini, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua skripsi yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik kepada penulis dalam rangkaian penelitian dan penulisan skripsi.
5. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran dan kritik yang membangun kepada penulis dalam penelitian dan penulisan skripsi.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan bimbingan selama penulis melaksanakan perkuliahan.
7. Bapak Fachriza Farid dan ibu Lisdawati, selaku orangtua yang telah

mencurahkan cinta, kasih sayang, dukungan, doa dan selalu memberikan kebahagiaan serta dukungan yang tulus disepanjang hidup penulis.

8. Bapak Ispandi, selaku ayah yang senantiasa mendukung dan mendoakan kesuksesan penulis dengan penuh ketulusan.
9. Saudara penulis yaitu Muhammad Fadli Aulia, Fathiya Mauladina, dan Daffa Alharis yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Chiara, Ivo, Marcella, Mutiara, Salsa, dan Syifa sebagai teman yang senantiasa mendengarkan keluh kesah dan membantu penulis dalam segala situasi dan kondisi selama perkuliahan.
11. Tim penelitian yaitu Marcella, Nabila, Fachrozi, dan Lutfan sebagai teman seperjuangan penulis yang senantiasa membersamai dan membantu penulis dalam rangkaian penelitian hingga penyelesaian skripsi.
12. Sina, Oca, Sabina, dan Ratu sebagai teman yang selalu mendukung dan memotivasi penulis dalam perkuliahan maupun penyelesaian skripsi.
13. Diri saya sendiri yang selalu semangat, pantang menyerah dan mengusahakan yang terbaik dalam menjalani seluruh proses perkuliahan sehingga bisa sampai pada titik ini. Terima kasih sudah tidak menyerah, bahkan ketika semuanya terasa berat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan namun semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung,

Penulis

Amalia Hayati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kerangka Pemikiran.....	5
1.5 Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Sifat dan Ciri Tanah Ultisol	10
2.2 Ketersediaan dan Perilaku Fosfor di Tanah Ultisol	10
2.3 Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan Terhadap Jerapan Fosfor dalam Tanah.....	13
2.4 Mekanisme Bahan Organik dalam Menurunkan Jerapan Fosfor	14
2.5 Penggunaan Metode Isotermik Langmuir untuk Jerapan Fosfor	15
2.6 Produktivitas Edamame	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
2.2 Rancangan dan Perlakuan	18
3.4 Pelaksanaan Lapangan	19
3.4.1 Pengolahan Tanah.....	19
3.4.2 Penanaman	19
3.4.3 Pengaplikasian Pupuk	20
3.4.4 Pemeliharaan Tanaman.....	20

3.4.5 Panen.....	20
3.4.6 Penentuan Contoh Tanaman dan Parameter yang Diamati.....	20
3.4.7 Analisis Tanah	21
3.4.8 Analisis Tanaman	21
3.5 Percobaan Laboratorium.....	22
3.5.1 Penetapan Jerapan Fosfor pada Tanah Parameter Isotermik Langmuir	22
3.6 Analisis Data	24
3.6.1 Uji F (Analisis Ragam).....	24
3.6.2 Uji <i>Student-t</i>	24
3.6.3 Uji Korelasi.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Perilaku Jerapan Maksimum P ($X_{\max}$) dan Energi Ikatan Relatif (K_L) pada Tanah Ultisol Gedung Meneng	25
4.2 Signifikasi Parameter Jerapan Maksimum P ($X_{\max}$) dan Energi Ikatan Relatif P (K_L)	28
4.3 P-terpanen Tanaman Edamame	30
4.4 Biomassa (Berat Kering) Tanaman Edamame	32
4.5 Sifat Kimia Tanah Ultisol Gedung Meneng	33
4.6 Uji Korelasi Jerapan Maksimum P ($X_{\max}$) dan Energi Ikatan Relatif P (K_L) dengan P-terpanen, P-potensial, C-organik, dan KTK	36
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pembuatan larutan seri P	22
2. Persamaan linier isotermik langmuir jerapan P tanah	26
3. Uji <i>student-t</i> pada parameter jerapan maksimum P ($X_{\max}$) dan energi ikatan relatif P (K_L).....	29
4. Ringkasan analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen tanaman edamame akhir (setelah panen).....	31
5. Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen brangkasan dan total tanaman edamame akhir (setelah panen).....	31
6. Ringkasan analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering tanaman edamame akhir (setelah panen).....	32
7. Pengaruh pemupukan terhadap berat kering brangkasan dan total tanaman edamame akhir (setelah panen)	33
8. Hasil analisis sifat kimia tanah	34
9. Uji korelasi antara $X_{\max}$ dengan K_L tanah sebelum tanam	37
10. Uji korelasi antara $X_{\max}$ dengan K_L tanah setelah tanam	37
11. Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) brangkasan tanaman edamame	49
12. Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) brangkasan tanaman edamame.....	49
13. Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) brangkasan tanaman edamame.....	49
14. Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) polong tanaman edamame	50

15.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) polong tanaman edamame	50
16.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) polong tanaman edamame	50
17.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) biji tanaman edamame	51
18.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) biji tanaman edamame	51
19.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) biji tanaman edamame	51
20.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) total tanaman edamame	52
21.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) total tanaman edamame	52
22.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap berat kering (BK) total tanaman edamame	52
23.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen brangkasan tanaman edamame	53
24.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen brangkasan tanaman edamame	53
25.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen brangkasan tanaman edamame	53
26.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen polong tanaman edamame	54
27.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen polong tanaman edamame	54
28.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen polong tanaman edamame	54
29.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen biji tanaman edamame	55
30.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen biji tanaman edamame	55
31.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen biji tanaman edamame	55

32.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen total tanaman edamame	56
33.	Uji homogenitas pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen total tanaman edamame	56
34.	Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-terpanen total tanaman edamame	56
35.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-tersedia tanah sebelum tanam	57
36.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-tersedia tanah setelah panen.....	57
37.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-total tanah sebelum tanam	58
38.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-total tanah setelah panen	58
39.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-brangkasan edamame	59
40.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-polong edamame	59
41.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap P-biji edamame	59
42.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap pH (H ₂ O) sebelum tanam..	60
43.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap pH (H ₂ O) setelah panen	60
44.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap pH (KCl) sebelum tanam ..	61
45.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap pH (KCl) setelah panen.....	61
46.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap C-organik tanah sebelum tanam	62
47.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap C-organik tanah setelah panen.....	62
48.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap KTK tanah sebelum tanam	63
49.	Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap KTK tanah setelah panen...	63
50.	Parameter P pada perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	64

51.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	64
52.	Parameter P pada perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	65
53.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	65
54.	Parameter P pada perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	67
55.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T0P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	67
56.	Parameter P pada perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	68
57.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha ⁻¹) tanah sebelum tanam.....	68
58.	Parameter P pada perlakuan T0P0 (olah tanah minimum + tanpa pupuk) tanah setelah panen.....	70
59.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen.....	70
60.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha ⁻¹) tanah setelah panen.....	71
61.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha ⁻¹) tanah setelah panen.....	71
62.	Parameter P pada perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen.....	73
63.	Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen.....	73

64. Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen..... 74
65. Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen..... 75
66. Parameter $X_{\max}$ dan K_L pada perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen..... 75
67. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 76
68. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 76
69. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 77
70. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 77
71. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 78
72. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 78

73. Uji *student-t* K_L perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 79
74. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 79
75. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 80
76. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 80
77. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 81
78. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) dan perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) tanah sebelum tanam 81
79. Uji *student-t* X_{max} perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen..... 82
80. Uji *student-t* X_{max} perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen..... 82
81. Uji *student-t* X_{max} perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen 82

82. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen 83
83. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen..... 83
84. Uji *student-t* $X_{\max}$ perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen 83
85. Uji *student-t* K_L perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen 84
86. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen..... 84
87. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) dan perlakuan T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) tanah setelah panen 84
88. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen 85
89. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) dan perlakuan T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen..... 85
90. Uji *student-t* K_L perlakuan T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) dan perlakuan T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) tanah setelah panen 85
91. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan..... 86
92. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan..... 86
93. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P total pada tiap perlakuan 87

94.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P total pada tiap perlakuan.....	87
95.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan C-organik pada tiap perlakuan.....	88
96.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan C-organik pada tiap perlakuan.....	88
97.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum panen dengan KTK pada tiap perlakuan.....	89
98.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah sebelum panen dengan KTK pada tiap perlakuan.....	89
99.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-tersedia pada tiap perlakuan	90
100.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-tersedia pada tiap perlakuan	90
101.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-terpanen brangkasan pada tiap perlakuan.....	91
102.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-terpanen brangkasan pada tiap perlakuan	91
103.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-terpanen polong pada tiap perlakuan.....	92
104.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-terpanen polong pada tiap perlakuan.....	92
105.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-terpanen biji pada tiap perlakuan.....	93
106.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-terpanen biji pada tiap perlakuan.....	93
107.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P total pada tiap perlakuan	94
108.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P total pada tiap perlakuan.....	94
109.	Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-organik pada tiap perlakuan.....	95
110.	Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-organik pada tiap perlakuan	95

111. Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan KTK pada tiap perlakuan	96
112. Hasil analisis ragam uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan KTK pada tiap perlakuan	96
113. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan	97
114. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan	97
115. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan P total tanah pada tiap perlakuan	98
116. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan P total tanah pada tiap perlakuan	98
117. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan	99
118. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan	99
119. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam dengan KTK tanah pada tiap perlakuan	100
120. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah sebelum tanam	100
121. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-tersedia tanah pada tiap perlakuan.....	101
122. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-tersedia tanah pada tiap perlakuan.....	101
123. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-terpanen brangkasan pada tiap perlakuan.....	102
124. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-terpanen brangkasan pada tiap perlakuan	102
125. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-terpanen polong pada tiap perlakuan	103
126. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-terpanen polong pada tiap perlakuan.....	103
127. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-terpanen biji pada tiap perlakuan.....	104

128. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P-terpanen biji pada tiap perlakuan	104
129. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P total tanah pada tiap perlakuan	105
130. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan P total tanah pada tiap perlakuan	105
131. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan C- organik tanah pada tiap perlakuan	106
132. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan	106
133. Perhitungan uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan KTK tanah pada tiap perlakuan	107
134. Hasil analisis ragam uji korelasi antara K_L tanah setelah panen dengan KTK tanah pada tiap perlakuan	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kurva isotermik jerapan Langmuir).	7
2. Bagan Kerangka Pemikiran	8
3. Skematik susunan oksigen, hidroksil, silika, pada tetrahedral, dan Al pada dioktahedral mineral liat tipe 1:1 yang tidak mengalami substitusi isomorf	12
4. Tata letak perlakuan.....	18
5. Tata letak lubang tanam petak percobaan.....	19
6. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) pada tanah Ultisol Gedung Meneng awal (sebelum tanam).	27
7. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) pada tanah Ultisol Gedung Meneng akhir (setelah panen).....	27
8. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha ⁻¹) ulangan 1 tanah sebelum tanam.	64
9. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 175 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha ⁻¹) ulangan 2 tanah sebelum tanam.	65
10. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha ⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha ⁻¹) ulangan 1 tanah sebelum tanam.	66

11. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) ulangan 2 tanah sebelum tanam. 66
12. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) ulangan 1 tanah sebelum tanam. 67
13. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P0 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 175 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 75 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha⁻¹) ulangan 2 tanah sebelum tanam. 68
14. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) ulangan 1 tanah sebelum tanam. 69
15. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 350 kg ha⁻¹ + Pupuk Urea 150 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha⁻¹) ulangan 2 tanah sebelum tanam. 69
16. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) ulangan 1 tanah setelah panen. 70
17. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P0 (Olah Tanah Minimum + Tanpa Pupuk) ulangan 2 tanah setelah panen. 71
18. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) ulangan 1 tanah setelah panen. 72
19. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha⁻¹) ulangan 2 tanah setelah panen. 72
20. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) ulangan 1 tanah setelah panen. 73

21.	Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T1P0 (Olah Tanah Intensif + Tanpa Pupuk) ulangan 2 tanah setelah panen.	74
22.	Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha ⁻¹) ulangan 1 tanah setelah panen.	75
23.	Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pupuk NPK 200 kg ha ⁻¹ + Pupuk Kandang Ayam 1000 kg ha ⁻¹) ulangan 2 tanah setelah panen.	76
24.	Grafik antara X _{max} tanah sebelum tanam dengan P tersedia.....	86
25.	Grafik antara X _{max} tanah sebelum tanam dengan P total	87
26.	Grafik antara X _{max} tanah sebelum tanam dengan C-organik	88
27.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan KTK.....	89
28.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan P tersedia	90
29.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan P-terpanen brangkasan.....	91
30.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan P-terpanen polong.....	92
31.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan P-terpanen biji	93
32.	. Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan P total.....	94
33.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan C-organik.....	95
34.	Grafik antara X _{max} tanah setelah panen dengan KTK.....	96
35.	Grafik antara K _L tanah sebelum tanam dengan P tersedia.....	97
36.	Grafik antara K _L tanah sebelum tanam dengan P total	98
37.	Grafik antara K _L tanah sebelum tanam dengan C-organik	99
38.	Grafik antara K _L tanah sebelum tanam dengan KTK.....	100
39.	Grafik antara K _L tanah setelah panen dengan P tersedia	101
40.	Grafik antara K _L tanah setelah panen dengan P brangkasan.....	102
41.	Grafik antara K _L tanah setelah panen dengan P polong.....	103

42.	Grafik antara K_L tanah setelah panen dengan P biji	104
43.	Grafik antara K_L tanah setelah panen dengan P total.....	105
44.	Grafik antara K_L tanah setelah panen dengan C-organik.....	106
45.	Grafik antara K_L tanah setelah panen dengan KTK.....	107
46.	Pengambilan sampel tanah	108
47.	Pengambilan sampel tanaman	108
48.	Hasil titrasi pada analisis C-organik.....	108
49.	Hasil titrasi pada analisis KTK.....	109
50.	Filtrasi hasil pengabuan jaringan tanaman	109
51.	Pengukuran P-terjerap, P-terpanen, P-potensial, P-tersedia menggunakan spektrofotometer	109

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Edamame (*Glycine max* L. Merril) mengandung protein, vitamin, serta mineral yang tinggi sehingga menjadikan edamame sebagai pangan yang bergizi dan berpotensi untuk dikembangkan agar produksi edamame meningkat. Peningkatan produksi edamame tidak hanya dapat memenuhi permintaan pasar yang terus berkembang, tetapi juga menciptakan peluang ekonomi bagi petani sebagai jenis kedelai yang unggul dalam produksi dan nilai gizi (Sularno dkk., 2024). Hasil produksi edamame di Indonesia, dapat menghasilkan antara 3,5 ton hingga 8 ton ha⁻¹ (Yuriansyah dkk., 2023). Namun, potensi produksi edamame dapat mencapai 10 ton ha⁻¹ jika dilakukan pengelolaan yang tepat (Suwardike dkk., 2024).

Suatu usaha untuk mencapai tingkat optimal produksi edamame, dapat dilakukan dengan cara ekstensifikasi dan intensifikasi lahan. Ekstensifikasi lahan merupakan kegiatan penambahan luas lahan sebagai lahan pertanaman edamame. Sedangkan, intensifikasi adalah kegiatan meningkatkan produksi lahan dengan memanfaatkan dan mengolah lahan yang ada. Namun, ekstensifikasi lahan dinilai kurang efektif karena terbatasnya lahan yang digunakan sebagai lahan pertanian di Indonesia. Keterbatasan lahan pertanian di Indonesia disebabkan beberapa faktor seperti tingginya alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan bukan pertanian, seperti perumahan, industri dan infrastruktur (Julaili, 2019). Oleh karena itu, intensifikasi menjadi suatu upaya untuk meningkatkan kesuburan tanah.

Sekitar 25% daratan di Indonesia memiliki ordo tanah Ultisol yang memiliki kesuburan tanah rendah. Beberapa permasalahan tanah Ultisol yaitu kandungan bahan organik yang rendah, kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah, dan

jumlah muatan negatif yang rendah di permukaan koloid tanah sehingga pH tanah Ultisol cenderung masam yaitu berkisar 5,5 dan tingginya tingkat kejenuhan Al dan Fe (Marcano dan McBride, 1989; Tan, 2008). Koloid liat tanah Ultisol didominasi oleh mineral kaolinit-gibbsit, gibbsit-geotit dan limonit. Sehingga terdapat reaksi yang membentuk lebih banyak ion fosfat yang tidak larut dalam tanah, hal ini mengakibatkan rendahnya fosfor tersedia untuk tanaman (Utomo, dkk., 2016). Rendahnya muatan negatif pada koloid tanah mempengaruhi tingginya jerapan fosfor pada tanah. Tanah Ultisol umumnya mempunyai kandungan bahan organik yang rendah dan fraksi litanya didominasi oleh liat aktivitas rendah (*low activity clay*) seperti kaolinit, haolisit, dan oksida-hidroksida Al dan Fe. Oleh karena itu, tanah Ultisol sendiri umumnya mempunyai muatan negatif yang rendah (Su dan Harsh, 1996). Tanah Ultisol memiliki daya jerap terhadap fosfor yang kuat, sehingga menyebabkan ketersediaan fosfor pada tanah Ultisol rendah (Santosa, 2009).

Sebagai upaya memperbaiki kondisi tanah Ultisol perlu dilakukan olah tanah dan pemupukan. Kegiatan olah tanah intensif merupakan olah tanah sebanyak 2 sampai 3 kali menggunakan alat seperti cangkul atau bajak singkal dengan membersihkan gulma dan sisa-sisa tanaman, kemudian tanah digemburkan dengan tujuan dapat memperbaiki porositas dan infiltrasi pada tanah yang berpengaruh pada pertumbuhan akar dan penyerapan hara oleh akar tanaman. Namun, kegiatan olah tanah intensif memiliki biaya yang lebih tinggi dan dapat menurunkan kualitas tanah seperti rusaknya struktur tanah, hilangnya bahan organik, tingginya resiko terjadinya erosi dan memadatkan tanah yang dapat menurunkan produktivitas tanah (Utomo dkk., 2012).

Olah tanah minimum merupakan suatu olah tanah yang berprinsip pada konservasi tanah dan air dengan membiarkan sisa tanaman yang telah disiangi menutupi lahan sebagai mulsa, lalu membuat lubang tanam. Penggunaan mulsa ini memiliki berbagai manfaat bagi tanah, di antaranya menurunkan resiko erosi dengan melindungi permukaan tanah dan mempertahankan lapisan tanah yang kaya unsur hara. Selain itu, mulsa membantu menjaga kelembaban tanah dengan

mengurangi evaporasi yang mendukung aktivitas mikroorganisme yang berperan penting dalam pelepasan fosfor. Mulsa berperan dalam mempertahankan struktur tanah dan kesuburannya yang meningkatkan sirkulasi udara serta penetrasi akar, sehingga memaksimalkan penyerapan fosfor oleh tanaman. Tidak hanya itu, mulsa juga menekan pertumbuhan gulma yang berpotensi bersaing dengan tanaman budidaya dalam menyerap fosfor, sehingga meningkatkan fosfor terpanen pada tanaman budidaya. Dengan demikian, penerapan mulsa tidak hanya meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan, tetapi juga membantu meningkatkan ketersediaan fosfor, mendukung pertumbuhan yang optimal, serta memberikan hasil panen yang lebih baik (Banjarnahor, 2022).

Upaya lain untuk menurunkan jerapan fosfor dan meningkatkan fosfor terpanen pada tanah Ultisol adalah pemupukan. Pemupukan dapat diberikan secara organik maupun anorganik. Pupuk organik adalah pupuk dengan bahan dasar organik seperti sisa-sisa tanaman yang kemudian akan terurai melalui proses dekomposisi oleh mikroorganisme tanah. Penambahan bahan organik akan menghasilkan asam organik yang membentuk ikatan khelasi dengan ion-ion Al dan Fe sehingga dapat menurunkan kelarutan ion Al dan Fe, maka dengan begitu ketersediaan P meningkat (Salawati dkk., 2022). Bhatti dkk. (1998) dalam penelitiannya menyatakan bahwa mekanisme asam oksalat (asam organik sederhana) dalam meningkatkan ketersediaan fosfor adalah dengan menggantikan fosfor terjerap melalui pertukaran ligan pada permukaan Al dan Fe oksida dan juga melalui pelarutan permukaan logam oksida dan melepaskan fosfor terjerap. Selain itu juga dapat melalui senyawa kompleks Al dan Fe pada larutan, lalu mencegah pengendapan ulang senyawa P-logam dan penjerapan P oleh Al dan Fe. Pada penelitian Aini dkk. (2022) menyatakan bahwa meningkatnya fosfor tersedia dalam tanah maka akan meningkatkan fosfor terpanen pada tanaman.

Sedangkan, pupuk anorganik berasal dari bahan kimia berupa hara tersedia yang dapat diserap tanaman secara langsung, sehingga mampu meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah serta meningkatkan fosfor terpanen tanaman. Meskipun begitu, penggunaan pupuk anorganik berkepanjangan dapat

meningkatkan kemasaman merusak keseimbangan hara tanah, dan menurunkan hasil produksi. Maka dari itu, dilakukan kombinasi antara pupuk organik dan pupuk anorganik supaya jerapan fosfor menurun dan fosfor terpanen meningkat serta mengurangi resiko kerusakan lahan akibat pupuk anorganik (Fahmi dkk., 2014). Penentuan jerapan maksimum fosfor dalam tanah pada penelitian ini menggunakan persamaan Langmuir. Prinsip dari persamaan Langmuir adalah mengukur jumlah fosfor yang terjerap pada permukaan koloid tanah yang akan dianalisis (Asnandi dkk., 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah perlakuan olah tanah dapat mempengaruhi jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10?
2. Apakah perlakuan pemupukan dapat mempengaruhi jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara olah tanah dan pemupukan terhadap jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10?
4. Apakah terdapat korelasi antara jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame akibat perlakuan olah tanah dan pemupukan di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh perlakuan olah tanah terhadap jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10.

2. Mengetahui pengaruh perlakuan pemupukan terhadap jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10.
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara olah tanah dan pemupukan terhadap jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10.
4. Mengetahui korelasi antara jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame akibat perlakuan olah tanah dan pemupukan di tanah Ultisol Gedung Meneng musim tanam ke-10.

1.4 Kerangka Pemikiran

Tanah Ultisol memiliki beberapa kendala jika dimanfaatkan sebagai lahan pertanian karena memiliki Kapasitas Tukar Kation (KTK), kandungan bahan organik dan ketersediaan unsur hara makro (P, K, Ca, dan Mg) yang tergolong rendah. Nilai pH rata-rata tanah Ultisol yaitu berkisar 5,5 sehingga tanah Ultisol termasuk tanah dengan tingkat kemasaman yang tinggi. Tanah Ultisol juga memiliki fiksasi P dan kandungan besi pada tanah Ultisol tergolong tinggi sehingga menjadi kendala utama kegiatan pertanian di tanah Ultisol (Pasang dkk., 2019).

Tingginya jerapan P pada tanah mengakibatkan rendahnya P-tersedia yang dapat diserap tanaman. Jerapan P pada tanah dapat menurun setelah perlakuan olah tanah minimum. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Lestari (2023) yang menyatakan bahwa setelah perlakuan olah tanah minimum tanpa pemupukan dapat menurunkan nilai jerapan P. Hal tersebut dikarenakan, adanya sisa-sisa tanaman setelah penyiangan gulma yang digunakan sebagai mulsa pada lahan dengan perlakuan olah tanah minimum. Mulsa tersebut dijadikan sebagai pelindung tanah yang dapat menjaga lapisan permukaan tanah yang mengandung bahan organik tinggi, agar tidak hilang akibat erosi atau suhu tinggi yang mengakibatkan proses dekomposisi lebih cepat dibandingkan pemulihannya.

Pada penelitian Endriani (2010) mengungkapkan bahwa olah tanah minimum meningkatkan ketersediaan P dalam tanah karena sisa-sisa tanaman yang dibiarkan berada di lahan setelah kegiatan penyiangan. Adanya mulsa yang menjaga keberadaan bahan organik pada lapisan permukaan tanah. Bahan organik tanah adalah molekul organik yang kompleks yang memiliki muatan elektrik (positif atau negatif), namun pada pH yang tinggi bahan organik bermuatan negatif, sehingga jerapan P menurun (Sari dkk., 2017). Sedangkan, olah tanah intensif dapat menurunkan produktivitas lahan karena kegiatan olah tanah yang berlebihan dan tidak adanya mulsa sebagai pelindung tanah meningkatkan resiko erosi lebih tinggi yang berpotensi mengakibatkan hilangnya bahan organik pada permukaan tanah (Hadi dkk., 2021). Hilangnya bahan organik pada tanah dapat mengakibatkan kesuburan tanah menurun (Kusumastuti dkk., 2019).

Sedangkan, pada penelitian Oesman dkk. (2020) menyatakan, bahwa pemberian pupuk kombinasi yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik dapat menurunkan jerapan fosfor dan meningkatkan fosfor terpanen dibandingkan tanpa pemupukan, karena dapat menyediakan unsur hara dalam tanah sehingga fosfor terpanen pada tanaman meningkat. Pemberian kombinasi kedua jenis pupuk tersebut bertujuan untuk mengefisienkan penggunaan pupuk. Pemberian pupuk anorganik dalam jangka waktu yang lama dapat menurunkan produktivitas lahan. Oleh karena itu, digunakan pupuk organik untuk mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik karena dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara langsung maupun tidak langsung oleh bahan organik yang terkandung pada pupuk organik (Safitri, 2019).

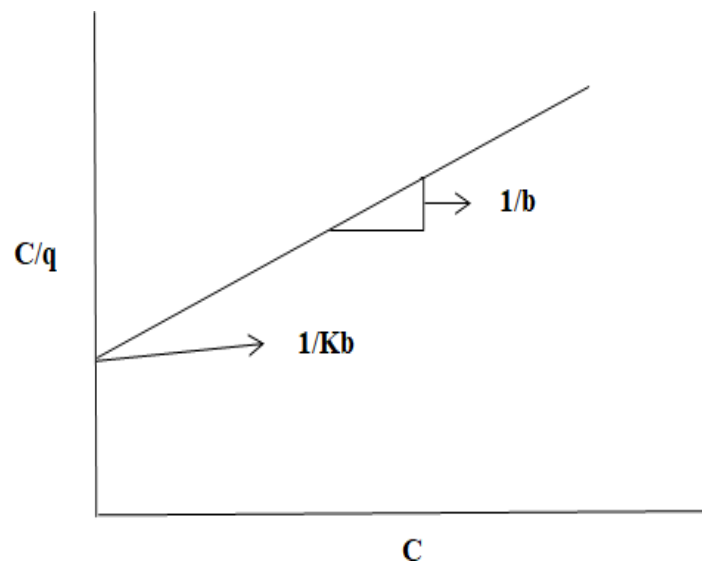
Berdasarkan hasil penelitian Lestari (2023) pada musim tanam ke-8, menyatakan bahwa pemupukan (pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ dan pupuk kandang ayam 1000 kg ha⁻¹) dapat meningkatkan P-terpanen tanaman karena kebutuhan unsur hara tanaman tercukupi, serta dapat menurunkan kapasitas jerapan P pada tanah. Hal tersebut dipengaruhi oleh penambahan pupuk NPK yang mencukupi kebutuhan hara tanaman. Selain itu, adanya pupuk kandang ayam dapat meningkatkan kation basa pada tanah sehingga pH tanah meningkat. Dalam

keadaan pH yang tinggi, maka muatan negatif pada koloid tanah seperti oksida besi dan aluminium akan meningkat. Hal tersebut akan menurunkan jerapan P pada koloid tanah sehingga ketersediaan P pada tanah meningkat kemudian meningkatkan fosfor terapan tanaman (Satgada, 2017).

Parameter yang digunakan untuk menetapkan jerapan maksimum fosfor dan energi ikatan relatif fosfor pada tanah dalam penelitian ini adalah Model Isotermik Langmuir. Metode Isotermik Langmuir dapat memisahkan antara tanah dengan larutan tanah, larutan yang dihasilkan dari metode ini berjumlah banyak untuk dianalisis kapasitas jerapan maksimum fosfor (Aini dkk., 2022). Persamaan

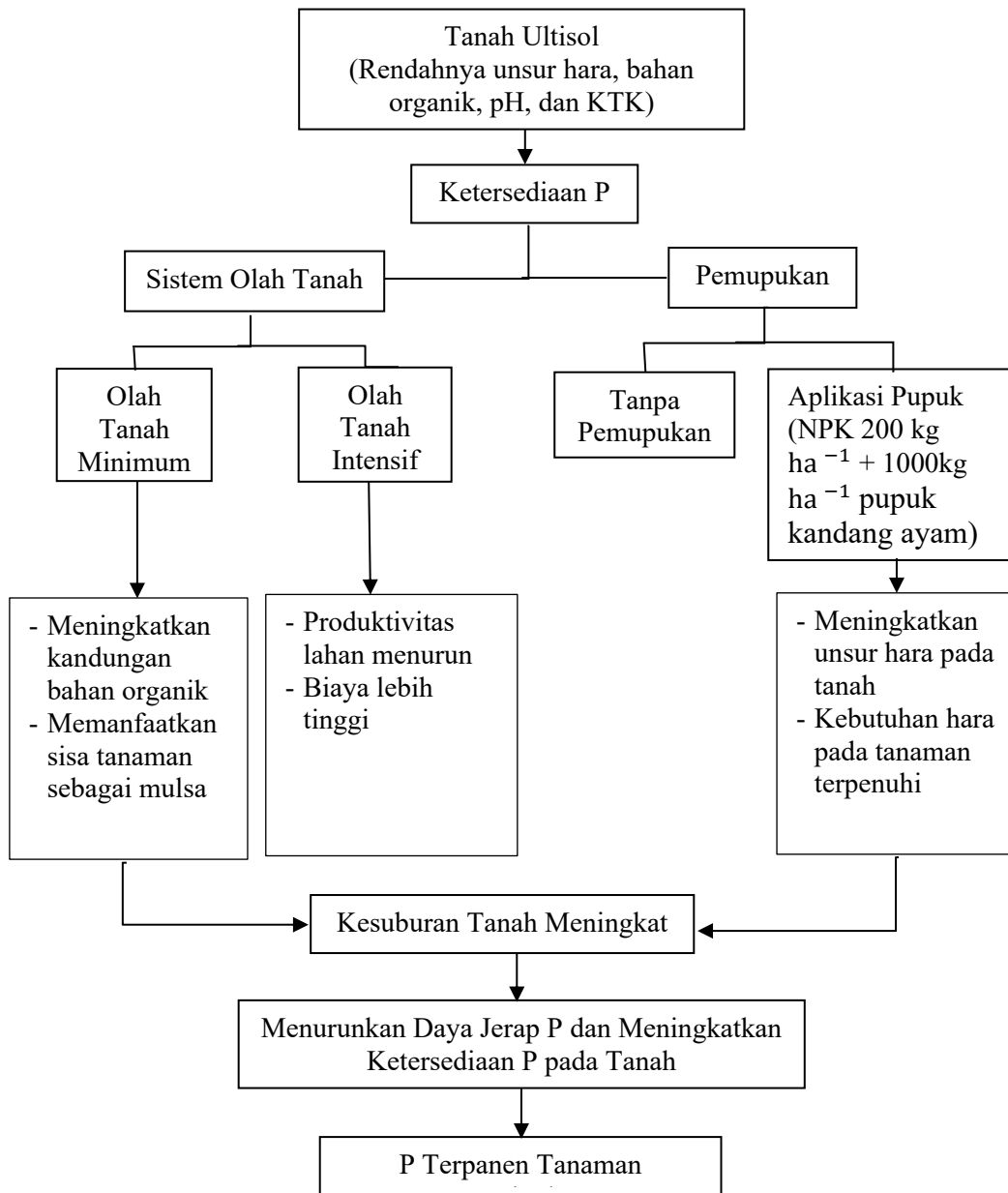
isotermik Langmuir ialah : $\frac{C}{q} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b}C$ dan kurva persamaan isotermik

Langmuir dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai jerapan maksimum P diperoleh dari kemiringan (*slope*) garis, sedangkan energi ikatan relatif (K) diperoleh dari sumbu Y. Konsentrasi kesetimbangan fosfor dalam larutan setelah adsorpsi (mg L^{-1}) disebut sebagai nilai C/q.



Gambar 1. Kurva isotermik jerapan Langmuir menunjukkan korelasi antara konsentrasi ion dalam larutan tanah (C) dengan fraksi ion terjerap pada koloid tanah (C/q) dan konsentrasi ion dalam larutan tanah (C) dengan lapisan adsorpsi yang sama. C/q = indeks jerapan P; C = konsentrasi kesetimbangan fosfor dalam larutan setelah adsorpsi (mg L^{-1}); q = jumlah fosfor terjerap (mg L^{-1}); K = energi ikatan relatif; b = kapasitas jerapan maksimum fosfor (mg P L^{-1}).

Demikian alur kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat digambarkan oleh diagram alir di bawah ini :



Gambar 2. Bagan Kerangka Pemikiran

1.5 Hipotesis

Berdasarkan hasil kerangka pemikiran maka dikemukakan hipotesis sebagai berikut:

1. Perlakuan olah tanah minimum mampu menurunkan jerapan fosfor dan meningkatkan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng musim tanam ke-10 dibandingkan perlakuan olah tanah intensif.
2. Perlakuan pemupukan mampu menurunkan jerapan fosfor dan meningkatkan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng musim tanam ke-10 dibandingkan perlakuan tanpa pemupukan.
3. Adanya pengaruh interaksi antara olah tanah dan pemupukan dalam menurunkan jerapan fosfor dan meningkatkan fosfor terpanen pada pertanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng pada musim tanam ke-10.
4. Adanya korelasi antara jerapan fosfor dan fosfor terpanen pada pertanaman edamame akibat perlakuan olah tanah dan pemupukan di tanah Ultisol Gedung Meneng musim tanam ke-10.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat dan Ciri Tanah Ultisol

Tanah Ultisol adalah salah satu ordo tanah di Indonesia yang memiliki sebarang luas 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Ordo tanah Ultisol memiliki ciri tanah tua atau tingkat pelapukan tanah lanjut, sehingga pencucian hara terjadi dalam jangka waktu yang lama. Hal tersebut dicirikan adanya pembentukan akumulasi liat pada horizon B atau disebut sebagai horizon penciri agrilik. Akibat akumulasi liat tersebut, tekstur tanah Ultisol didominasi liat dan memiliki struktur tanah yang padat dan kurang gembur. Kondisi tanah Ultisol ini menyebabkan terbatasnya infiltrasi air dan aerasi dan rentan terhadap erosi (Arifin dkk., 2021).

Tanah Ultisol dapat digunakan sebagai lahan pertanian jika dilakukan pengelolaan tanah yang tepat, karena tanah Ultisol mempunyai kendala yang harus diperhatikan terutama pada karakteristiknya. Beberapa karakteristik tanah Ultisol yaitu pH tanah yang masam, rendahnya bahan organik, kapasitas tukar kation yang rendah, dan kandungan aluminium dan besi yang tinggi. Selain itu, tanah Ultisol memiliki fiksasi P yang tinggi sehingga mengakibatkan P-tersedia sangat rendah. Tingkat curah hujan yang tinggi pada beberapa daerah di Indonesia mengakibatkan tingginya tingkat pencucian hara pada tanah (Syahputra dkk., 2015).

2.2 Ketersediaan dan Perilaku Fosfor di Tanah Ultisol

Fosfor (P) merupakan unsur hara yang sangat penting bagi tanaman dan dibutuhkan dalam jumlah besar setelah nitrogen (N) dan lebih banyak

dibandingkan kalium (K). Fosfor berperan dalam pembentukan adenosin difosfat (ADP) dan adenosin trifosfat (ATP), yang berfungsi sebagai sumber energi utama dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Energi yang dihasilkan oleh ATP sangat penting untuk berbagai proses metabolisme, seperti fotosintesis, respirasi, dan sintesis protein, sehingga fosfor sangat berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara keseluruhan. (Lastianingsih dkk., 2008).

Selain itu, fosfor yang cukup penting untuk mendukung pertumbuhan vegetatif seperti akar dan daun, serta perkembangan organ reproduktif seperti bunga dan buah. Ketersediaan fosfor juga membantu meningkatkan kualitas hasil panen dan ketahanan tanaman terhadap penyakit, karena mendukung pembentukan komponen penting dalam mekanisme pertahanan tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan fosfor secara tepat, melalui penggunaan pupuk fosfat dan teknik pengelolaan tanah yang baik, sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman di sektor pertanian (Damanik dkk., 2010).

Pada tanah fosfor dapat berupa bentuk anorganik atau organik. Fosfor organik pada tanah ditemukan dalam humus dan bahan organik, dan proses mineralisasi yang berhubungan dengan aktivitas mikroba, kelembaban, dan suhu tanah. Muatan negatif pada fosfor anorganik dapat berinteraksi dengan besi, aluminium, dan kalsium dalam tanah, sehingga terbentuk senyawa yang tidak terlalu larut. Sedangkan, senyawa fosfor anorganik yang larut dapat berpengaruh pada ketersediaan fosfor dalam tanah (Kasno, 2016).

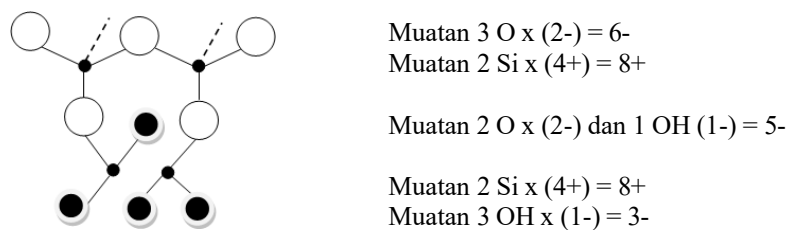
Ion orthofosfat primer dan sekunder, seperti H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} , dalam tanah merupakan bentuk fosfat yang dapat diserap tanaman. Pada umumnya Ion H_2PO_4^- pada tanah memiliki pH berkisar 2,35 sampai 7,20, sementara ion HPO_4^{2-} biasanya memiliki pada tanah memiliki pH berkisar 7,20 sampai 12,35. Kedua ketersediaan jenis ion tersebut hampir setara pada pH sekitar 7,20 (Lumbanraja, 2017).

Keberadaan mineral oksida-hidroksida Al dan Fe sebagai koloid tanah yang memiliki muatan positif tinggi jika tanah memiliki pH yang asam dapat mengikat ion P sehingga mengakibatkan penjerapan ion P pada tanah (Lumbanraja, 2012). Pengikatan ion P oleh koloid oksida-hidroksida Al dan Fe dapat dilihat sebagai berikut :



Muatan positif yang dimiliki koloid liat mampu menyerap P dalam bentuk H_2PO_4^- baik secara langsung maupun melalui *water interface* (Tan, 1998). Selain itu penyerapan P juga dapat melalui mekanisme jembatan kation (*cation bridging*). Pada tanah masam seperti Ultisol kation yang berperan adalah Al^{3+} dan Fe^{3+} . Mekanisme penyerapan P oleh koloid organik mirip dengan penyerapan P oleh koloid anorganik, yaitu koloid yang bermuatan positif menyerap P secara langsung, sedangkan koloid yang bermuatan negatif melalui mekanisme jembatan kation (Tan, 1998).

Umumnya tanah Ultisol memiliki mineral liat tipe kaolinit dalam jumlah yang banyak. Hal tersebut disebabkan, adanya pelapukan liat silikat yang telah mencapai puncaknya. Kaolinit merupakan mineral liat tipe 1:1 dengan rumus kimia $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (Salam, 2020). Kaolinit memiliki muatan negatif yang rendah (Rodiansono dkk., 2008). Berikut merupakan gambar tipe mineral liat 1:1 :



Gambar 3. 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 pada tanah terbagi menjadi 3 berdasarkan sumbernya yaitu muatan negatif patahan mineral liat, muatan negatif hasil substitusi isomorfik, dan muatan negatif asal bahan organik (Salam, 2020). Muatan negatif pada mineral liat tipe 1:1 berasal dari hidrolisis H pada patahan pinggiran kristal, sehingga pada

penelitian ini perlu ditambahkan bahan organik pada tanah dan dapat meningkatkan pH pada tanah sehingga meningkatkan muatan negatif pada koloid tanah yang disebabkan oleh patahan mineral liat. Hal ini mengakibatkan penjerapan P menurun dan meningkatkan P-tersedia pada tanah.

2.3 Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan Terhadap Jerapan Fosfor dalam Tanah

Pengolahan tanah merupakan salah satu yang diperlukan pada kegiatan persiapan lahan (*land prepration*). Tujuan kegiatan pengolahan tanah yaitu untuk membentuk kondisi yang baik tanah untuk pertumbuhan tanaman sebagai media tanam. Pengolahan tanah memiliki dampak signifikan terhadap kerentanan tanah terhadap erosi, yang dapat mengakibatkan percepatan dan peningkatan laju erosi (Nanda dkk., 2016). Ada dua jenis olah tanah yaitu olah tanah minimum dan olah tanah intensif. Olah tanah minimum adalah kegiatan olah tanah secukupnya yang mempertahankan sisa-sisa tanaman atau gulma yang telah disiangi kemudian dibiarkan pada permukaan lahan (Prasetyo dkk., 2014). Sedangkan, pada olah tanah intensif adalah kegiatan olah tanah dengan menggemburkan dan membolak-balikkan tanah serta memastikan permukaan lahan bersih dari gulma (Ratnawati, 2016).

Kusumastuti dkk. (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa perlakuan olah tanah intensif yang dilakukan secara menyeluruh dan tanpa penambahan bahan organik menghasilkan meningkatkan kejenuhan Al dan Fe lebih tinggi dibandingkan olah tanah minimum. Akibatnya, ketersediaan P pada tanah meningkat dan fosfor terpanen meningkat. Hasil penelitian tersebut selaras dengan hasil penelitian Putri (2022), pada bagian batang tanaman memiliki Fosfor terpanen yang tertinggi di perlakuan olah tanah minimum dibandingkan olah tanah intensif.

Upaya lain untuk menurunkan jerapan fosfor dan meningkatkan ketersediaan fosfor yaitu pemupukan. Pemupukan terbagi menjadi 2 jenis yaitu pupuk anorganik dan pupuk organik. Pupuk anorganik secara langsung meningkatkan

ketersediaan fosfor dalam tanah sebab berasal dari bahan kimia, sehingga hara yang terkandung dalam pupuk tersebut tidak perlu melewati proses penguraian agar tersedia bagi tanaman (Fahmi dkk., 2014). Sedangkan, pupuk organik berperan dalam ketersediaan unsur hara makro maupun mikro melalui proses pelarutan kandungan senyawa organik yang terdapat pada pupuk organik tersebut. Maka dari itu, penambahan pupuk organik pada tanah dapat memperbaiki sifat kimia yaitu salah satunya tingginya tingkat jerapan P pada tanah (Nuro dkk., 2016).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Lumbanraja dkk. (2018), penambahan pupuk organik dan pupuk anorganik pada tanah, baik ditambahkan secara tunggal maupun secara dikombinasikan dapat menurunkan kapasitas jerapan maksimum P dibandingkan tanah tanpa penambahan pupuk. Pada tanah Ultisol dengan perlakuan tanpa pupuk memiliki kemampuan menyerap P lebih tinggi jika dibandingkan tanah dengan perlakuan pupuk organik maupun anorganik. Hal tersebut mengindikasikan jika tanah Ultisol yang tanpa penambahan pupuk akan memiliki kandungan hara P yang lebih rendah, sehingga memiliki kapasitas jerapan fosfor yang lebih tinggi.

2.4 Mekanisme Bahan Organik dalam Menurunkan Jerapan Fosfor

Bahan organik memengaruhi jerapan fosfor (P) oleh koloid tanah melalui beberapa mekanisme. Pertama, senyawa organik seperti asam humat, fulvat, dan asam karboksilat rendah (misalnya sitrat dan oksalat) bersaing dengan ion fosfat (H_2PO_4^- atau HPO_4^{2-}) untuk berikatan dengan kation koloid oksida/hidroksida Al dan Fe, sehingga menurunkan kapasitas jerapan P (Huang dkk., 2017). Kedua, asam organik dapat membentuk kompleks dengan logam seperti Al^{3+} dan Fe^{3+} , melarutkan mineral fosfat yang tidak tersedia dan menghambat pembentukan senyawa P yang terjerap kuat (Guppy dkk., 2005). Ketiga, bahan organik dapat melapisi permukaan partikel tanah, sehingga tidak terjadi jerapan P melalui pembentukan lapisan organo- mineral (Borggaard dkk., 2005). Selain itu, dekomposisi bahan organik akan meningkatkan pH tanah yang dapat

meningkatkan muatan negatif pada koloid tanah, sehingga jerapan P oleh muatan positif koloid tanah menurun (Parfitt, 1978).

Interaksi lebih kompleks terjadi ketika bahan organik membentuk jembatan antara mineral tanah dan fosfat. Senyawa organik dapat berfungsi sebagai perantara yang mengikat P pada permukaan mineral melalui ikatan kompleks Fe/Al-P-organik, dimana P tetap tersedia secara biologis meskipun terikat pada mineral tanah. Proses ini berbeda dengan jerapan langsung P pada mineral yang dapat menyebabkan fiksasi permanen. Selain itu, bahan organik tertentu seperti polisakarida bermuatan negatif, sehingga tidak terjadi jerapan P (Antelo dkk., 2007).

2.5 Penggunaan Metode Isotermik Langmuir untuk Jerapan Fosfor

Menurut Essington (2015), Persamaan Parameter Isotermik Langmuir dapat digunakan untuk melihat kapasitas jerapan fosfor di dalam tanah akibat muatan positif oksida Al dan Fe. Metode penetapan kapasitas jerapan fosfor dengan menggunakan persamaan Langmuir Isotermik dapat memisahkan antara suspensi tanah dan larutan tanah dengan mudah dan dalam jumlah yang banyak untuk analisis kapasitas jerapan fosfor. Kapasitas jerapan fosfor dapat ditetapkan dengan menggunakan Parameter Isotermik Langmuir.

Penetapan jerapan fosfor dilakukan dengan metode pendekatan persamaan Langmuir (Parfitt, 1978) sebagai berikut :

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

Keterangan : C/q = Indeks jerapan fosfor

K = Energi relatif ikatan fosfor

b = Jerapan maksimum fosfor (mg P kg^{-1})

C = Konsentrasi fosfor dalam larutan kesetimbangan (mg P L^{-1})

q = Jumlah fosfor yang terjerap (mg P kg^{-1})

Jerapan maksimum (b) dalam persamaan Isotermik Langmuir menunjukkan kemampuan tanah untuk menyerap fosfor dari koloid tanah. Nilai energi ikatan relatif (K) menggambarkan kekuatan ikatan unsur hara fosfor dalam koloid tanah tersebut. Model Langmuir menggambarkan parameter jerapan fosfor maksimum dan energi ikatan fosfor. Penggunaan parameter Isotermik Langmuir, baik secara linier maupun non-linier memiliki peran penting dalam mengidentifikasi perilaku jerapan fosfor (Miri dkk., 2022).

2.6 Produktivitas Edamame

Kedelai edamame merupakan jenis tanaman sayuran dan termasuk suku polong-polongan dengan spesies *Glycine max* L. Merril kultivar edamame. Biji dan polong edamame memiliki tekstur yang lembut dan berukuran lebih besar dibandingkan kacang kedelai biasa. Selain itu, edamame memiliki aroma khas kacang-kacangan yang kuat serta kandungan gizi yang tinggi. Hasil produksi edamame di Indonesia memiliki nilai yang tinggi, meskipun masih sedikit tanaman edamame dibudidayakan di Indonesia (Astar dkk., 2016)

Produksi edamame di Indonesia memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan agar dapat memenuhi pasar lokal maupun internasional (Maziyah dkk., 2023). Di Indonesia produksi edamame mencapai 3,5 ton hingga 8 ton ha⁻¹, sedangkan produksi kedelai di Indonesia berkisar 1,7 ton sampai 3,2 ton ha⁻¹. Perbedaan tingkat produksi tersebut membuktikan potensi yang baik untuk budidaya edamame di Indonesia, jika dibandingkan dengan produksi kedelai biasa (Yuriansyah dkk., 2023).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret- Desember 2024. Penanaman edamame akan dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung, sedangkan analisis tanah dan tanaman akan dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Lahan penelitian ini merupakan lahan yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya yaitu pada musim tanam ke-1 pada bulan Desember 2016 - Februari 2017 dengan komoditas jagung. Musim tanam ke-2 pada bulan April - Juni 2017 dengan komoditas kacang hijau, kemudian musim tanam ke-3 pada bulan Februari - Juni 2018 dengan komoditas jagung, musim tanam ke-4 dilakukan pada bulan September - Desember 2018 dengan komoditas kacang hijau, musim tanam ke-5 pada bulan Oktober 2019 - Januari 2020 dengan komoditas jagung, musim tanam ke-6 pada bulan September - November 2020 dengan komoditas kacang hijau, serta musim tanam ke-7 dengan komoditas tanaman sorgum, musim tanam ke-8 pada bulan Januari - Maret 2023 ini akan ditanami komoditas tanaman kacang hijau, musim tanam ke-9 pada bulan September - Desember 2023 dengan komoditas jagung. Selanjutnya pada Maret - Mei 2024 akan ditanami dengan komoditas edamame.

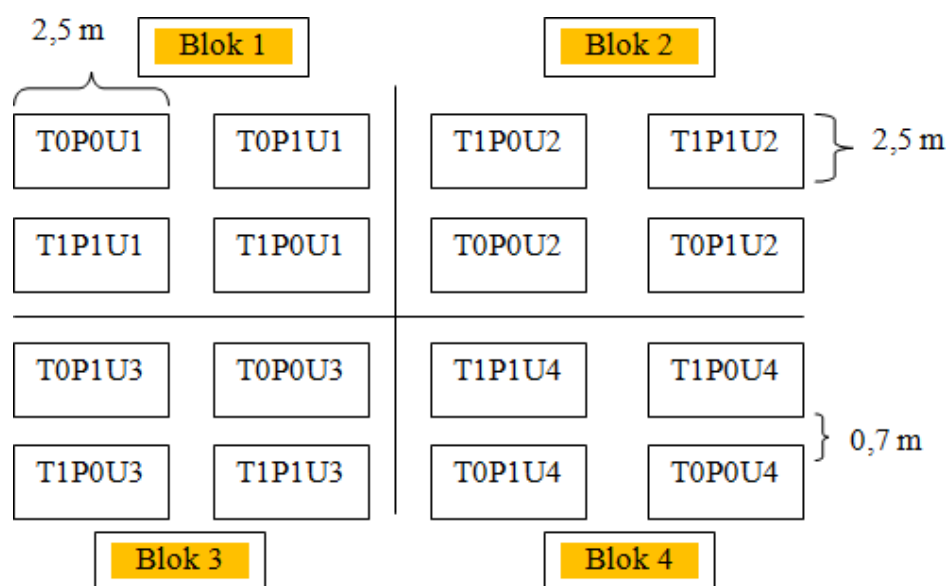
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada percobaan lapang adalah meteran, cangkul, sekop, selang air dan pipa. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis di laboratorium adalah oven, pipet tetes, pH meter, neraca analitik, kertas saring, gelas ukur, gelas

beaker, tabung reaksi, corong, pipet tetes, shaker, spektrofotometer, botol kocok, label, erlenmeyer, dan centrifuge. Kemudian bahan yang digunakan adalah benih edamame dengan varietas Ryoko 75, pupuk NPK majemuk (16% N, 16% P₂O₅, 16% K₂O), pupuk kandang ayam, larutan pengekstrak Bray 1, larutan standar P, larutan kerja (asam molibdat, dan asam askorbat), asam sulfat pekat, asam fosfat, NaF 1N, HCl 25%, CaCl₂ 1M dan aquades.

2.2 Rancangan dan Perlakuan

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu faktor yang pertama merupakan sistem olah tanah (T) yang terdiri dari olah tanah minimum (T0) dan olah tanah intensif (T1), sedangkan faktor yang kedua adalah pemupukan (P) yang terdiri dari tanpa pupuk (P0) dan aplikasi pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + 1000 kg ha⁻¹ pupuk kandang ayam (P1). Penyusunan petak perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tata letak perlakuan. Tata letak perlakuan. T0P0 = Olah tanah minimum + tanpa pupuk, T0P1 = Olah tanah minimum + aplikasi pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + 1000 kg ha⁻¹ pupuk kandang ayam, T1P0 = Olah tanah intensif + tanpa pupuk, T1P1 = Olah tanah intensif + aplikasi pupuk NPK 200 kg ha⁻¹ + 1000 kg ha⁻¹ pupuk kandang ayam, U = Ulangan.

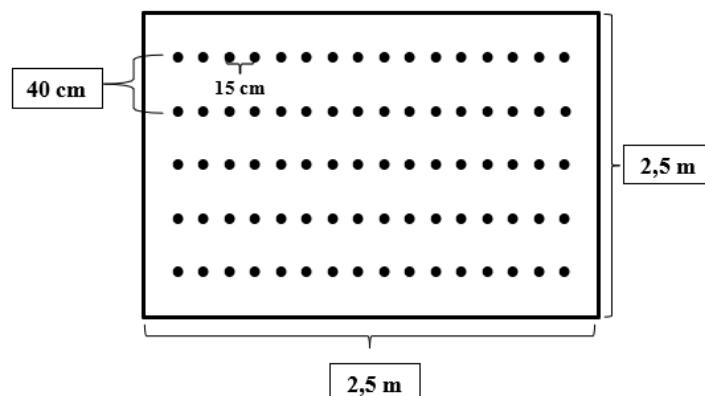
3.4 Pelaksanaan Lapangan

3.4.1 Pengolahan Tanah

Penelitian ini merupakan penelitian jangka panjang yang memiliki 16 petak percobaan dan setiap petaknya berukuran 2,5 m x 2,5 m yang diberi jarak tiap antar petak sepanjang 70 cm. Terdapat dua sistem olah tanah pada penelitian ini yaitu olah tanah intensif dan olah tanah minimum. Pada petak olah tanah intensif dilakukan olah tanah 2 hingga 3 kali dengan cara menggemburkan tanah menggunakan alat bantu seperti cangkul, kemudian gulma pada tanah tersebut dibersihkan. Sedangkan, pada petak olah tanah minimum dilakukan olah tanah seminimum mungkin yaitu membiarkan sisa tanaman yang telah disiangi menutupi lahan sebagai mulsa dan membuat lubang tanam.

3.4.2 Penanaman

Benih tanaman edamame didapat dari toko pertanian terdekat dengan varietas tanaman ialah Ryoko 75. Penanaman benih edamame menggunakan alat bantu tugal yang terbuat dari kayu. Benih yang ditanam pada setiap lubang ialah 3 hingga 4 benih dengan jarak lubang ialah 15 cm dan jarak tanam ialah 40 cm menggunakan tugal yang terbuat dari kayu dengan ujung dibuat sedikit runcing, penanaman benih tanaman edamame dengan cara penugalan dilakukan pada kedalaman 2-3 cm kemudian ditutup kembali menggunakan tanah, penutupan lubang tanam ini bertujuan untuk mencegah benih diganggu oleh binatang ataupun serangga yang dapat mengakibatkan benih rusak atau gagal tumbuh. Letak lubang tanam pada petak percobaan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tata letak lubang tanam petak percobaan.

3.4.3 Pengaplikasian Pupuk

Pupuk kandang ayam dan pupuk NPK diaplikasikan dengan teknik larikan dan ditanamkan pada baris tanaman edamame. Pupuk kandang ayam sebanyak 1000 kg ha⁻¹ diaplikasikan pada saat penanaman. Sedangkan, pupuk NPK majemuk sebanyak 200 kg ha⁻¹ diaplikasikan dua minggu setelah tanam. Dosis pupuk kotoran ayam dan pupuk kimia dikonversikan menjadi g per petak perlakuan sesuai dengan jenis perlakuan.

3.4.4 Pemeliharaan Tanaman

Tanaman edamame disiram pada saat pagi dan sore hari untuk memastikan tanaman edamame tidak kekurangan air. Penyiangan gulma secara manual dengan menggunakan koret setiap seminggu sekali. Gulma yang sudah dibersihkan tersebut kemudian dibuang, kecuali gulma pada petak perlakuan olah tanah minimum yang dibiarkan di permukaan lahan dan dijadikan mulsa.

3.4.5 Panen

Pemanenan dilakukan pada tanaman edamame yang telah berumur 70 hari dan memiliki ciri polong berwarna hijau segar, polong sudah penuh terisi biji (terlihat bulat dan menggembung) dan polong tidak terlalu keras. Kegiatan pemanenan tersebut hanya dilakukan sekali dengan cara mengambil 5 sampel tanaman yang telah ditentukan pada setiap petaknya. Pemanenan tersebut mencakup brangkasan, polong, dan biji sebagai sampel pada saat penimbangan bobot kering tanaman.

3.4.6 Penentuan Contoh Tanaman dan Parameter yang Diamati

Pada setiap perlakuan terdapat 5 sampel yang diambil secara acak dan terletak pada baris kedua dari penanaman. Kemudian, dilakukan pemisahan terhadap brangkasan, polong, dan biji tanaman sampel dan dimasukkan kedalam amplop lalu dioven pada suhu 60-65°C dengan durasi waktu 48 jam. Setelah itu, masing-masing sampel ditimbang bobot kering brangkasan, polong, dan biji dan digiling terpisah sampai halus, kemudian dilakukan penyimpanan pada wadah kedap udara untuk digunakan analisis P-terpanen.

3.4.7 Analisis Tanah

Sampel tanah diambil untuk dianalisis, pengambilan sampel tanah dilakukan pada saat sebelum tanam dan sesudah panen menggunakan bor tanah hingga kedalaman pengambilan sampel yaitu 0-20 cm (tanah lapisan atas). Pengambilan sampel tanah sebanyak 5 titik pengambilan sampel tanah secara acak pada setiap petak percobaan. Kemudian diambil sampel tanah setiap petak perlakuan (T0P0, T0P1, T1P0, dan T1P1) lalu dikompositkan, selanjutnya dilakukan preparasi tanah berdasarkan jenis perlakuan untuk analisis di Laboratorium. Preparasi tanah dilakukan dengan tanah dikeringkan udara, kemudian diayak dengan ayakan 2 mm. Setelah itu, dilakukan analisis P-tersedia (Metode Bray 1) dan analisis P dengan hasil berupa persen transmittan yang kemudian diolah dengan bantuan Persamaan Isotermik Langmuir. Analisis lainnya yaitu analisis P-potensial (Metode HCI 25%) dan analisis P-terjerap dengan konsentrasi larutan seri yang akan digunakan yaitu 0 ppm hingga 200 ppm, pH (pH meter), KTK (Amonium Asetat 1N pH 7) dan C-organik tanah (Metode Walkley-Black) (Thom dan Utomo, 1991).

3.4.8 Analisis Tanaman

Analisis P-terpanen pada sampel tanaman dengan cara mengeringkan sampel tanaman berupa brangkasan, polong, dan biji menggunakan oven. Proses pengeringan sampel tanaman dilakukan selama 48 jam pada suhu 60-65°C. Sampel tanaman yang sudah dikeringkan kemudian digiling sampai halus. Setelah itu, jaringan tanaman yang telah dihaluskan kemudian ditimbang 1 g dan dikeringabukan menggunakan tungku pengabuan selama 2 jam dengan suhu 300°C, lalu suhu dinaikkan sampai 500°C selama 4 jam kemudian tungku pengabuan dimatikan dan sampel dibiarkan dingin terlebih dahulu. Sampel yang sudah dingin dibasahi dengan beberapa tetes aquades sampai basah dan ditambahkan 10 ml HCl 1N pada lempengan pemanas hingga mendidih.

Setelah mendidih lalu pindahkan cawan dan biarkan sampai mendingin, kemudian lakukan penyaringan abu menggunakan kertas saring yang sebelumnya dibilas dengan larutan asam. Setelah itu, cawan dibilas dengan 10

ml HCl 1 N dan dituangkan pada kertas saring. Selanjutnya, kertas saring dibilas menggunakan 50 ml aquades dan diencerkan dalam labu ukur dengan menambahkan aquades hingga batas tera 100 ml dan dianalisis P-terpanen pada sampel tersebut (Thom dan Utomo, 1991).

3.5 Percobaan Laboratorium

3.5.1 Penetapan Jerapan Fosfor pada Tanah Parameter Isotermik Langmuir

Pada penelitian sebelumnya (Sari, 2015; Carter dan Gregorich, 2008; Fiantis, 2004) dilakukan modifikasi pada proses pembuatan larutan seri P dan kemudian diolah agar sesuai dengan penelitian ini. Dalam penelitian ini digunakan larutan seri 0 ppm P, 10 ppm P, 20 ppm P, 50 ppm P, 100 ppm P, dan 200 ppm P. Proses pembuatan larutan seri 10 ppm P dengan dimasukkan 10 ml larutan KH_2PO_4 1000 ppm P ke labu ukur yang berukuran 1000 ml, lalu ditambahkan 10 ml larutan CaCl_2 1M. Setelah itu, menambahkan aquades sampai 1000 ml ke dalam labu ukur tersebut. Lakukan prosedur tersebut sampai dengan konsentrasi 200 ppm P. Pembuatan larutan seri ppm P dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Pembuatan larutan seri P

Larutan seri (ppm P)	KH_2PO_4 1000 ppm P (ml)	CaCl_2 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

Sampel tanah ditimbang sebanyak 1 g tanah, kemudian dimasukkan ke dalam botol kocok. Lalu 10 ml larutan seri P (0 ppm P, 10 ppm P, 20 ppm P, 50 ppm P, 100 ppm P, dan 200 ppm P yang dicampur dengan 10 ml larutan CaCl_2 1 M) ditambahkan ke dalam botol kocok yang berisi 1 g sampel tanah. Setelah itu sampel tersebut dihomogenkan atau dikocok dengan shaker selama 120 menit dan kemudian disentrifusi selama 10 menit pada kecepatan 3000 rpm. Pengukuran

fosfor akan memerlukan ekstraksi larutan yang jernih. Selanjutnya, kalorimeter fosfor dalam larutan tanah diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 720 nm. Sedangkan, untuk mengetahui jumlah fosfor yang terjerap, perbedaan antara konsentrasi fosfor yang terekstak dan larutan fosfor yang diberikan pada lautan tanah harus dihitung. Data yang dikumpulkan akan dihitung dengan menggunakan kurva persamaan Langmuir (Carter dan Gregorich, 2008: Fiantis, 2004). Tabel pembuatan larutan seri P dapat dilihat pada Tabel 1.

3.5.2 Analisis Jerapan Fosfor Tanah dengan Parameter Isotermik Langmuir

Analisis jerapan P tanah dapat menggunakan parameter isotermik Langmuir dengan persamaannya sebagai berikut :

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

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

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

K = Energi ikatan relatif

b = Jerapan maksimum (mg P kg⁻¹)

C = Konsentrasi kesetimbangan P dalam

q = Jumlah P terjerap (mg P kg⁻¹)

Selisih dari P awal dan konsentrasi P di dalam larutan kesetimbangan akan menghasilkan nilai P tanah. Konsentrasi P larutan kesetimbangan (C) serta jerapan P terjerap (q) yang diperoleh dari masing-masing perlakuan dapat dihitung jerapan maksimum P (b) dan konstanta energi ikatan relatif P (K) dari jerapan tanah. :

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

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

$$\frac{1}{Kb} = m \longrightarrow 1 = m.K.b \longrightarrow K = \frac{1}{mb} \longrightarrow K = \frac{1}{m \frac{1}{n}}$$

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

3.6 Analisis Data

3.6.1 Uji F (Analisis Ragam)

Homogenitas ragam dari berat kering tanaman (brangkasan, polong, dan biji) dan P-Terpanen pada tanaman edamame diuji dengan menggunakan uji Bartlet dan aditivitas diuji menggunakan uji Tukey. Setelah itu dilakukan analisis ragam dan perbedaan nilai rata-rata pada perlakuan yang telah memenuhi asumsi menggunakan uji BNT dengan taraf nyata 5%.

3.6.2 Uji *Student-t*

Uji *Student-t* pada taraf 5% digunakan agar dapat melihat perbedaan dari masing-masing jerapan maksimum fosfor pada berbagai perlakuan dan juga perbedaan dari masing-masing relatif jerapan fosfor pada berbagai perlakuan melalui model isotermik Langmuir.

3.6.3 Uji Korelasi

Uji korelasi dilakukan untuk melihat hubungan perilaku unsur hara fosfor yaitu P-tersedia, P-potensial dan P-terpanen, kemudian hubungan jerapan maksimum ($X_{\max}$) serta energi jerapan fosfor (K) dengan P-tersedia, P-total, P-terpanen, dan biomassa kering tanaman edamame.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlakuan olah tanah minimum mampu menurunkan jerapan fosfor dibandingkan olah tanah intensif. Namun, perlakuan olah tanah minimum maupun olah tanah intensif tidak berpengaruh terhadap fosfor terpanen tanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng.
2. Perlakuan pemupukan mampu menurunkan jerapan fosfor dan berpengaruh terhadap fosfor terpanen brangkasan tanaman edamame di tanah Ultisol Gedung Meneng.
3. Perlakuan olah tanah minimum yang dikombinasikan dengan pupuk NPK majemuk 200 kg ha⁻¹ dan 1000 kg ha⁻¹ pupuk kandang berpengaruh paling tinggi dalam menurunkan jerapan P di tanah Ultisol Gedung Meneng.
4. Jerapan maksimum P pada tanah setelah panen tidak nyata berkolerasi negatif terhadap P-terpanen tanaman edamame.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jerapan P menggunakan metode isotermik langmuir dengan berbagai jenis tanaman untuk mengetahui pengaruh olah tanah dan pemupukan secara jangka panjang bagi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, G., Suntari, R., dan Citraresmini, A. 2021. Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Kompos Terhadap C-Organik, N-Total, C/N Tanah, Serapan N, dan Pertumbuhan Tanaman Jagung di Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 8(2): 451-460.
- Aini, S. N., Setiawan, R., Lumbanraja, J., Sarno, dan Septiana, L. M. 2022. Produksi, Hara N dan P Terangkut akibat Aplikasi Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P pada Pertanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata sturt.*) di tanah Ultisol Natar Lampung Selatan. *Journal of Tropical Upland Resources*. 4(1): 18-39.
- Aini, S. N., Sari, D. M., Setiawati, A. R., Salam, A. K., and Lumbanraja, J. 2025. Phosphorus Adsorption at Different Altitudes and Soil Depths in Mt. Anak Krakatau before The December 2018 Eruption: Analysis using The Langmuir Isothermic Model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1482(1): 1-11.
- Aini, S. N., Yanti, W., Setiawati, A. R., Prasetyo, D., dan Lumbanraja, J. 2022. The Behavior of Phosphorus Adsorption on Soil in The Geological Formation of Ranau Tuff using the Langmuir Isothermic Model to Support Food Security. *In AIP Conference Proceedings*. 2563(1): 1-10.
- 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. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 6(3): 640-647.
- Antelo, J., Arce, F., Avena, M., Fiol, S., López, R., and Macías, F. 2007. Adsorption of A Soil Humic Acid at The Surface of Goethite and Its Competitive Interaction with Phosphate. *Geoderma*. 138(1-2): 12-19.
- Arifin, M., Herdiansyah, G., Sandrawati, A., dan Devnita, R. 2021. Karakterisasi dan Klasifikasi Ultisols yang Berkembang dari Dua Bahan Induk di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Soilrens*. 19(2): 33-41.

- Ariska, N. D., Nurida, N. L., dan Kusuma, Z. 2016. Pengaruh Olah Tanah Konservasi terhadap Retensi Air dan Ketahanan Penetrasi Tanah pada Lahan Kering Masam di Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(1): 279-283.
- Asnandi, M., Yusran, F. H., dan Syarbini, M. 2023. Jerapan Isotermal Fosfat pada Tanah Ultisol. *Acta Solum*. 1(2): 85-89.
- Astari, K., Yuniarti, A., dan Sofyan, E. T. 2016. Pengaruh Kombinasi Pupuk N, P, K dan Vermikompos terhadap Kandungan C-organik, N total, C/N dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill) Kultivar Edamame pada Inceptisols Jatinangor. *Jurnal Agroekoteknologi*. 8(2): 95-103.
- Banjarnahor, S. M. 2022. Manfaat Mulsa Organik Serasah Daun Bambu untuk Menghambat Pertumbuhan Gulma pada Tanaman Bawang Prei (*Allium porrum*). *Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Teknologi*. 2(2): 178-182.
- Bari, A., Zakaria, F., Purnomo, S. H., dan Apriliani, S. 2024. Pengaruh Kombinasi Pupuk Kandang Ayam dan Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Hijau (*Amarathus hybridus* L.). *Jurnal Lahan Pertanian Tropis*. 3(1): 145-152.
- Bhatti, J. S., Comerford, N. B., and Johnston, C. T. 1998. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a Spodic horizon. *Soil Science Society of America*. 62: 1089-1095.
- Bohn, H., McNeal, B., and O'Connor, G. 1985. *Soil Chemistry 2nd Edition*. John Wiley & Sons. Canada. 341 hlm.
- Borggaard, O. K., Raben-Lange, B., Gimsing, A. L., and Strobel, B. W. 2005. Influence of Humic Substances on Phosphate Adsorption by Aluminium and Iron Oxides. *Geoderma*. 127(3): 270-279.
- 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 hlm.
- Daksina, B. F., Makalew, A. M., dan Langai, B. F. 2021. Evaluasi Kesuburan Tanah Ultisol pada Pertanaman Karet di Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan. *Agroekotek view*. 4(1): 60-71.
- Dewi, P. A., Mulyati, M., dan Suwardji, S. 2024. Management Strategies for Maize Cultivation in Drylands through Soil Tillage Techniques and Fertilizer Efficiency. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(2): 134-144.
- Endriani. 2010. Sifat Fisika dan Kadar Air Tanah akibat Penerapan Olah Tanah Konservasi. *Jurnal Hidrolitan*. 1(1): 26-34.

- Essington, M. E. .2015. *Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach. 2nd Edition*. CRC Press. Boca Raton. 620 hlm.
- Fahmi, N., Syamsuddin, S., dan Marliah, A. 2014. Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril). *Jurnal Floratek*. 9(2): 53-62.
- Faizin, N., Mardhiansyah, M., dan Yoza, D. 2015. Respon Pemberian Beberapa Dosis Pupuk Fosfor terhadap Pertumbuhan Semai Akasia (*Acacia Mangium Willd.*) dan Ketersediaan Fosfor di Tanah. *Jom Faperta Universitas Riau*. 2(2): 1-9.
- Fiantis, D. 2004. Kurva Sorpsi Fosfat Menurut Langmuir dan Freundlich Sebagai Penduga Kebutuhan Pupuk Fosfat pada Andisols Sumatera Barat. *Jurnal Solum*. 1(1): 15-25.
- Guppy, C. N., Menzies, N. W., Moody, P. W., and Blamey, F. P. C. 2005. Competitive Sorption Reactions between Phosphorus and Organic Matter in Soil. *Australian Journal of Soil Research*. 43(2): 189-202.
- Hadi, B. A., Jamilah., dan Hadi. A. 2021. Perlakuan Sistem Olah Tanah dan Aplikasi Urin Sapi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Agroristek*. 4(1): 6-11.
- Huang, X., Li, M., Li, J., and Song, Y. 2017. A High-Resolution TEM Study of The Interface between Humic Acid and Phosphate on Iron Oxide. *Chemical Geology*. 466(1): 405-412.
- Walida, H., Harahap, D. E., dan Zuhirsyan, M. 2020. Pemberian Pupuk Kotoran Ayam dalam Upaya Rehabilitasi Tanah Ultisol Desa Janji yang Terdegradasi. *Jurnal Agrica Ekstensia*. 14(1): 75-80.
- Ifansyah, H. 2013. Soil pH dan Solubility of Aluminium, Iron, and Phosphorous in Ultisols: The Rols of Humic Acid. *Journal Trop Soils*. 18(3): 203-208.
- Julaili, S., Lumbanraja, J., Pujiswanto, H., dan Sarno. 2019. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Kombinasi Pupuk Majemuk NPK dengan Kompos terhadap Pertumbuhan dan Biomasa Gulma pada Pertanaman Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 7(3): 451-461.
- 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.
- Kusuma, Y. R. dan Yanti, I. Pengaruh Kadar Air dalam Tanah terhadap Kadar C-Organik dan Keasaman (pH) Tanah. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 6(2): 92-97.

- Kusumastuti, A., Fatahillah, A. Wijaya., dan Sukmawan, Y. 2018. Pengaruh OlahTanah dan Residu N Tahun ke 29 pada Beberapa Sifat Kimia Tanahdengan Tanaman Indikator Leguminosa. *Journal of Applied Agricultural Science*. 2(1): 2-29.
- La Habi, M., Nendissa, J. I., Marasabessy, D., dan Kalay, A. M. 2018. Ketersediaan Fosfat, Serapan Fosfat, dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu dengan Pupuk Fosfat pada Inceptisols. *Agrologia*. 7(1): 42-52.
- Lestari, D. 2023. Perilaku Jerapan Fosfor dan Fosfor Terpanen pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*) Akibat Olah Tanah dan Pemupukan Di Tanah Ultisol Gedung Meneng pada Musim Tanam ke 8. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 134 hlm.
- Lestari, R.A., Budiarsyah, F., dan Manurung, R. 2022. Status Kesuburan Tanah Sawah Pasang Surut di Desa Pasir Kecamatan Mempawah Hilir Kabupaten Mempawah. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*. 11(1): 1-10.
- Lumbanraja, J. 2012. *Geologi, Petrologi, dan Mineralogi Tanah*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 191 hal.
- 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. *The 6th Internasional Symposium for the Development of Integrated Pest Management in Asia and Africa*. 29-35. Nigata, March, 1-3 th.
- Lumbanraja, J. 2017. *Kimia Tanah dan Air: Prinsip Dasar dan Lingkungan*. Aura Publishing. Bandar Lampung. 297 hlm.
- 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 officiarum L.*) Affected by Inorganic and Organic Fertilizer Application on an Ultisol. *Journal Trop Soils*. 23(1): 35–45.
- Marcano, M, E. and Mc Bride. 1989. Comparison of The Titration and Ion Adsorption Methods for Surface Charge Measurements in Oxisols. *Soil Science Journal*. 53(4): 1040–1045.
- Marlina, N., Gusmiatun, G., dan Marlina, D. 2021. Peningkatan Hasil Jagung Manis di Lahan Kering Masam melalui Aplikasi Pupuk Organik dan Pengaturan Olah Tanah. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Palembang, 20 Oktober 2021. 490-497.

- Maziyah, S. N., Budiyanto, S., dan Fuskhah, E. 2023. Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max* L. Merril) Varietas Edamame Akibat Pemberian Agensia Hayati *Trichoderma sp.* dan Kompos Gedebug-Azolla. *Jurnal Agrohita*. 8(1): 1-10.
- Minarti, M., Ginting, S., Rembon, F. S., Darwis, D., Resman, R., dan Namriah, N. 2023. Pengaruh Pemberian Biochar Arang dan Pupuk Kandang Ayam terhadap pH, K_{TK}, C, K Tanah dan Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Cabai Merah (*Capsium annum* L.) pada Tanah Ultisol. *Journal of Agriculture and Technology*. 1(2): 77-88.
- Miri, N. S. S., dan Narimo. 2022. Kajian Persamaan Isoterm dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*. 2(2): 58-71.
- Multazam, Z. 2023. Kajian Nilai pH Tanah pada Berbagai Toposekuen dan Kelas Lereng yang Berbeda pada Lahan Perkebunan Karet Rakyat di Kecamatan Pelepat Ilir, Kabupaten Bungo, Jambi. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*. 2(2): 179-188.
- Nanda, E., Mardiana, S., dan Pane, E. 2016. Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi Pupuk Organik Cair Urin Kambing terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Agrotekma*. 1(1): 24-37.
- Nuro, F., Priadi, D., dan Mulyaningsih, E. S. 2016. Efek Pupuk Organik terhadap Sifat Kimia Tanah dan Produksi Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.). *Seminar Nasional Hasil-Hasil PPM IPB*. Bogor, 1 Januari 2016. 2939(1): 29-39.
- Oesman, R., Harahap, F. S., Rauf, A., dan Rahmaniah, R. 2020. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik Terhadap Serapan N, P, K oleh Tanaman Jagung pada Ultisol Tambunan Langkat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 7(2): 393-397.
- Parfitt, R. L. 1978. Anion Adsorption by Soils and Soil Materials. *Advances in Agronomy*. 30: 1-50.
- Pasang, Y. H., Jayadi, M., dan Rismaneswati. 2019. Peningkatan Unsur Hara Fospor Tanah Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos dan Pelet. *Jurnal Ecosolum*. 8(2): 86-96.
- Pinatih, I. D. A. S. P., Kusmiyarti, T. B., dan Susila, K. D. 2015. Evaluasi Status Kesuburan Tanah pada Lahan Pertanian di Kecamatan Denpasar Selatan. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(4): 282-292.

- Pramesti, D. A. 2023. Perilaku Jerapan Amonium dan Nitrogen Terpanen pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Akibat Olah Tanah dan Pemupukan Di Tanah Ultisol Gedung Meneng pada Musim Tanam ke 8. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 124 hlm.
- Prasetyo H. H., dan Suriadikarta, D. A. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(2): 39-46.
- Prasetyo, R. A., Nugroho, A., dan Moenandir, J. 2014. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Berbagai Mulsa Organik pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Var. Grobogan. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(6): 8-10.
- Prayogo, D. P., Sebayang, H. T., dan Nugroho, A. 2017. Pengaruh Pengendalian Gulma pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) pada berbagai Sistem Olah Tanah. *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(1): 24-32.
- Putri, z., Lumbanraja, J., Novpriansyah, dan H., Utomo, M. 2022. Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Pertumbuhan, Produksi, dan Hara Terangkut (C, N, P, K) Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(1): 67-74.
- Rashmi, I., Biswas, A. K., Parama, V. R. R., and Rao, A. S. 2015. Phosphorus Sorption Characteristics of Some Representative Soils of South India. *SAARC Journal of Agriculture*. 13(1): 14-26.
- Ratnawati, L., Yusnaini, S., Utomo, M., dan Niswati, A. 2016. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan Nitrogen Jangka Panjang Terhadap Jumlah Spora Mikoriza Vesikulararbuskular dan Infeksi Akar Tanaman Padi Gogo Varietas Inpago-8 pada Musim Tanam Ke-46. *Agrotek Tropika*. 4(2): 164–171.
- Rizky, A. P., Nugroho, A., dan Jody, M. 2014. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Berbagai Mulsa Organik pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) Var. Grobogan. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(6): 486-495.
- Rizki, F. C., Wicaksono, P. R., dan Wijayanti, F. 2024. Peningkatan Kesuburan Tanah Dan Produktivitas Sebagai Hasil Pengolahan Lahan Di Dusun Ngadilegi, Pandaan. *Jurnal Informasi Pengabdian Masyarakat*. 2(1): 1-9.
- Rodiansono, Ariantie, R., and Abdullah. 2008. Intercalation of Olygomer of Hydroxyl-chromium Into Natural Kaolinite. *Indonesian Journal of Chemistry*. 8(1): 31-36.
- Salam, A. K. 2020. *Ilmu Tanah*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 393 hlm.

- Salawati, S., Ende, S., dan Lukman, L. 2022. Changes of Some Chemical Properties of Soil After Rice Production The Impact of Giving Cow Manure. *Jurnal Agroqua*. 20(2): 497-509.
- Santosa, E. 2009. *Aktifitas Beberapa Isolate Bakteri Pelarut Fosfat pada Berbagai Kadar C organik di Tanah Ultisol*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 14 hlm.
- Sari, M. N., Sudarsono, dan Darmawan. 2017. Pengaruh Bahan Organik terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 65-71.
- Sari, T. P. 2015. Pengaruh Besi dan Bahan Organik terhadap Jerapan Maksimum dan Energi Ikatan Fosfor pada Tanah Ultisol Natar. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hlm.
- Satgada, C. P. 2017. Hubungan Perilaku Jerapan dan Ketersediaan Fosfor dalam Tanah dengan P-Terangkut oleh Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) 44 akibat Perlakuan Pupuk Organonitrofos dan NPK di Tanah Ultisol Gedung Meneng. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 83 hlm.
- Simamora, D., Niswati, A., Yusnaini, S., dan Utomo, M. 2015. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Aplikasi Mulsa Bagas terhadap Respirasi Tanah pada Lahan Pertanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Akhir Ratoon Kedua dan Awal Ratoon Ketiga. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(1): 160-164.
- Su, C., and J. B. Harsh. 1996. Alteration of Imogolite, Allophane, and Acidic Soil Clays by Chemical Extractants. *Soil Science Society of America Journal*. 60(1): 77-85.
- Supriyadi, S., Hartati, S., dan Aminudin, A. 2014. Kajian Pemberian Pupuk P, Pupuk Mikro dan Pupuk Organik terhadap P Terpanen dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L.) Varietas Kaba di Inseptisol Gunung Gajah Klaten. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 29(2): 81-86.
- Suryono, S. dan Sudadi, S. 2015. Efek dari Kombinasi Pupuk N, P dan K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah pada Lahan Kering Alfisol. *Agrosains*. 17(2): 49-52.
- Susilo, F. X. 2013. *Aplikasi Statistika untuk Analisis Data Riset Proteksi Tanaman*. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung. 168 hlm.
- Sularno, S., Sudirman, S., Putri, D., dan Wulandari, Y. A. 2022. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kedelai Edamame terhadap Pemberian Limbah Las Karbit. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 7(2): 109-114.

- Suwardike, P., Prabawa, P. S., dan Widiasaputra, G. 2020. Keragaan Pertumbuhan dan Hasil Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill), serta Kesuburan Tanah pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang dan Legume Inoculum. *Jurnal Buana Sains*. 24(2): 47-56.
- Syahputra, E., Fauzi., dan Razali. 2015. Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Beberapa Wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroteknologi*. 4(1): 1796-1803.
- Syamsiyah, J., Herdiyansyah, G., Hartati, S., Suntoro., Widiyanto, H., Larasati, I., dan Aisyah, N. 2023. Pengaruh Substitusi Pupuk Kimia dengan Pupuk Organik terhadap Sifat Kimia dan Produktivitas Jagung di Alfisol Jumantono. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 10(1): 57-64.
- Tan, K. H. 1998. *Principles of Soil Chemistry*. Third Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker. New York. 560 hlm.
- Tan, K.H. 2008. *Soils in the Humid Tropics and Monsoon Region of Indonesia*. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, New York. 113 hlm.
- Thom, W. O. dan Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 85 hlm.
- Utomo, M., Buchari, H., dan Banuwa, I. S. 2012. *Olah Tanah Konservasi: Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca Pertanian Tanaman Pangan*. Lembaga Penelitian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 94 hlm.
- Utomo, M., Sudarsono, Rusman, B., Sabrina, T., Lumbanraja, J. dan Wawan. 2016. *Ilmu Tanah: Dasar-dasar dan Pengelolaan*. Prenadamedia Group. Jakarta. 459 hlm.
- Yulianto, S., Bolly, Y. Y., dan Jeksen, J. 2021. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.) di Kabupaten Sikka. *Jurnal Inovasi Penelitian*. 1(10): 2165-2170.
- Yunita, Y., Zuraida, Z., dan Jufri, Y. 2023. Status Hara Tanah Pada Lahan Sawah Untuk Pengembangan Padi Organik di Desa Tenggulun Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 8(2): 461-467.
- Yuriansyah, Y., Erfa, L., dan Sari, E. Y. S. 2023. Optimasi Produksi Tanaman Kedelai Edamame (*Glicine Max* (L.) Merrill) dengan Pengaturan Jarak Tanam dan Pemberian Kompos. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 23(2): 282-287.