

**PENGARUH PUPUK CAMPURAN TERHADAP KANDUNGAN
ALUMINIUM DAPAT DITUKAR (Al-dd) DAN pH TANAH
PADA LAHAN KERING MASAM**

(Skripsi)

Oleh

JIHAN IXORA DITIA

NPM 2054181003



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGARUH PUPUK CAMPURAN TERHADAP KANDUNGAN
ALUMINIUM DAPAT DITUKAR (Al-dd) DAN pH TANAH
PADA LAHAN KERING MASAM**

Oleh

JIHAN IXORA DITIA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PUPUK CAMPURAN TERHADAP KANDUNGAN ALUMINIUM DAPAT DITUKAR (Al-dd) DAN pH TANAH PADA LAHAN KERING MASAM

Oleh

JIHAN IXORA DITIA

Lahan kering masam memiliki permasalahan, yaitu kandungan unsur hara dan bahan organik yang rendah, kandungan Aluminium dapat ditukar tinggi, dan kemasaman tanah yang tinggi. Pupuk yang diaplikasikan pada penelitian ini, yaitu pupuk anorganik (P₁) dan pupuk campuran yang terdapat 2 jenis, yaitu pupuk campuran A (P₂) dan pupuk campuran B (P₃, P₄, P₅, P₆ P₇). Tujuan penelitian ini mempelajari pengaruh pupuk campuran terhadap kandungan Al-dd dan pH tanah. Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Laboratorium Lapang Terpadu dan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 ulangan dan 7 Perlakuan. Data yang diperoleh diuji homogenitas ragam dengan uji Bartlett dan aditivitas data dengan uji Tukey, kemudian dilakukan uji analisis ragam dan diuji lanjut dengan Uji BNT 5% dan diuji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan kandungan Al-dd tanah P₂ lebih rendah dibandingkan dengan P₃, P₄, P₅, P₆ P₇ dan P₁ pada pengamatan 60 HSI, 90 HSI dan pada pengamatan 30 HSI Al-dd tanah P₁ lebih rendah dibandingkan dengan P₂, P₃, P₄, P₅, P₆ P₇. Sedangkan pH tanah pada P₂ dan P₃, P₄, P₅, P₆ P₇ lebih tinggi dibandingkan dengan P₁ pada pengamatan 30 HSI dan 90 HSI. Terdapat korelasi negatif antara pH tanah dengan P-tersedia tanah pada pengamatan 60 HSI.

Kata Kunci : Al-dd tanah, Lahan kering masam, pH tanah, Pupuk campuran

ABSTRACT

THE EFFECT OF MIXED FERTILIZER ON EXCHANGEABLE ALUMINUM CONTENT AND SOIL pH ON ACIDIC DRY LAND

By

JIHAN IXORA DITIA

Acidic dry land has several issues, namely low nutrient and organic matter content, high exchangeable aluminum (Ex-Al) content, and high soil acidity. The fertilizers applied in this research include inorganic fertilizer (P₁) and a mixed fertilizer consisting of two types, namely mixed fertilizer A (P₂) and mixed fertilizer B (P₃, P₄, P₅, P₆, P₇). The purpose of this research is to examine the effect of mixed fertilizer on the content of Ex-Al and soil pH. This research was conducted in the greenhouse of the Integrated Field Laboratory, and soil analysis was performed in the Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. This research was designed using a Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications and 7 Treatments. The data obtained were tested for homogeneity of variance using Bartlett's test and data additivity with Tukey's test, followed by analysis of variance, followed by the Least Significant Difference (LSD) test at 5% level and correlation tests. The results show that the content of Ex-Al in P₂ is lower compared to P₃, P₄, P₅, P₆, P₇, and P₁ at the 60 HSI, 90 HSI observations, and at the 30 HSI observation, Ex-Al in P₁ is lower compared to P₂, P₃, P₄, P₅, P₆, P₇. Meanwhile, the soil pH at P₂ and P₃, P₄, P₅, P₆, P₇ is higher compared to P₁ at the 30 HSI and 90 HSI observations. There is a negative correlation between soil pH and soil phosphorus available at the 60 HSI observation.

Keywords : Acidic dry land, Exchangeable Al, Mixed fertilizer, Soil pH

Judul Skripsi

: PENGARUH PUPUK CAMPURAN
TERHADAP KANDUNGAN ALUMINIUM
DAPAT DITUKAR (Al-dd) DAN pH TANAH
PADA LAHAN KERING MASAM

Nama Mahasiswa

: Jihan Ixora Ditia

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2054181003

Program Studi

: Ilmu Tanah

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.
NIP 196308041987032002

Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.

Sekretaris : Ir. Hery Novpriansyah, M.Si

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

2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertandatangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) dan pH Tanah pada Lahan Kering Masam”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian PT Great Giant Pineapple (GGP) bersama dosen Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung a.n Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.(Ketua) dan a.n Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P. (Anggota).

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

Bandar Lampung, 11 Juni 2025



Jihan Ixora Ditia

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kelurahan Way Urang , Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 4 Februari 2002 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Sunardi dan Ibu Eka Setiawati. Penulis memulai pendidikan pada tahun 2007 di TK Paud Senyum Ananda, Kelurahan Way Urang, Kecamatan Kalianda Kabupaten Lampung Selatan. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 3 Way Urang dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Kalianda dan lulus pada tahun 2017. Setelah itu, penulis melanjutkan sekolah menengah atas di SMAN 1 Kalianda dan lulus pada tahun 2020.

Pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Gabungan Mahasiswa Tanah Unila (GAMATALA) pada periode 2022 dan 2023 sebagai anggota Bidang Pengabdian Masyarakat. Penulis juga pernah mengikuti lomba Karya Tulis Ilmiah (LKTI) Nasional dan mendapatkan juara 2. Penulis juga pernah mengikuti Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) yang diberikan oleh Universitas Lampung pada tahun 2022. Kemudian pada tahun 2023 penulis pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dengan bidang Riset Esakta (RE) sebagai anggota dengan judul “Fermentasi Biochar Menggunakan Jamur *Trichoderma* sp. dengan Nutrisi Tetes Tebu (Molase) sebagai Retensi Hara di Tanah Ultisol” dan menghasilkan artikel dengan judul “Pengaruh Aplikasi Biochar yang Diperkaya *Trichoderma* sp. dan Nutrisi Tetes Tebu terhadap Beberapa

Sifat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Kangkung” yang terpublikasi di Jurnal Agrotropika.

Pada bulan Januari - Februari 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Lakaran, Kecamatan Wonosobo, Kabupaten Tanggamus. Penulis juga melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di PT Great Giant Pineapple Provinsi Lampung pada bulan Juni – Agustus 2023.

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya kecilku ini kepada kedua orang tuaku yang tercinta sebagai bentuk rasa terima kasih atas segala doa, dukungan dan kasih sayang yang tiada henti diberikan padaku

MOTTO

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

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

“Yakinlah, ada sesuatu yang menantimu setelah sekian banyak kesabaran (yang kau jalani) yang akan membuatmu terpana hingga akan lupa betapa pedihnya rasa sakit”
(Ali bin Abi Thalib)

“Don't be afraid to fail. Be afraid not to try”
(Haechan)

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) dan pH Tanah pada Lahan Kering Masam”**.

Selama penelitian dan penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih 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, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc. selaku dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, motivasi, masukan dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. selaku dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, masukan dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. selaku dosen Pembahas yang telah memberikan ilmu, saran dan masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Ibu Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan bimbingan mengenai kegiatan akademik selama penulis menjadi mahasiswa.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberikan begitu banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

8. Seluruh staf dan karyawan Gedung Ilmu Tanah yang telah membantu dan memberikan kemudahan dalam pelaksanaan perkuliahan dan penelitian.
9. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Sunardi dan Ibu Eka Setiawati, yang telah berkeja keras, memberikan dukungan, nasihat, doa dan kasih sayang sepanjang hidup penulis.
10. Adikku tersayang Delonyx Atha Ditia yang selalu memberikan semangat, doa, dukungan dan menjadi pendengar yang baik bagi penulis.
11. PT Great Giant Pineapple atas dukungan selama pelaksanaan penelitian ini.
12. Sahabat-sahabatku Vina Sheisya Hasan, Fitriani, Dian Prasetyowati, Ulia Karlismayani, Dewi Alma dan Revi Mariska yang telah menjadi rekan diskusi, pendengar yang baik, teman suka dan duka, serta memberi dukungan juga doa selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah.
12. Rekan-rekan penelitian Revi Mariska, Dewi Alma, Fitriani, Dian Prasetyowati, Ulia Karlismayani, Kharisma Rahmawati, Nova Kurnia Ramadina, Arsita Permata Sari, Intan Maharani Samsi, Jeni Larasati, Siti Maysaroh, dan Adisty Rahmawanty yang telah memberikan dukungan, saran dan sebagai rekan diskusi bagi penulis.
13. Teman-teman Angkatan 2020 Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberikan bantuan, dukungan dan sebagai rekan diskusi.
14. Semua pihak yang telah membantu dan terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari atas ketidaksempurnaan dalam skripsi ini. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.
Terima kasih.

Bandar Lampung, Juni 2025

Penulis,

Jihan Ixora Ditia

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Kerangka Pemikiran	5
1.5 Hipotesis	11
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Lahan Kering Masam	12
2.2 Kelarutan Aluminium	13
2.3 pH Tanah	14
2.4 Pupuk Campuran	15
2.4.1 Biochar Bambu	16
2.4.2. Kompos kotoran sapi	17
2.4.3 Vermikompos	18
2.4.4 Pupuk Anorganik.....	20
2.4.5 LOB (<i>Liquid Organic Biofertilizer</i>)	20
III. METODE PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode Penelitian	23
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah di Lapang	25
3.4.2. Pengayakan Sampel Tanah.....	25
3.4.3. Aplikasi Pupuk pada Sampel Tanah.....	25
3.4.4. Pemberian Air pada Sampel Tanah	26
3.4.5. Pengambilan Sampel Tanah di Rumah Kaca	27
3.4.6. Analisis Sampel Tanah	28
3.4.7. Analisis Data	28
3.5 Variabel Utama	28
3.5.1. Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd).....	28

3.5.2. pH tanah.....	29
3.6 Variabel Pendukung.....	29
3.6.1. C-organik Tanah.....	29
3.6.2 P-tersedia tanah.....	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil	32
4.1.1 Hasil Analisis Sampel Tanah Awal dan Kandungan Pupuk Campuran.....	32
4.1.2 Pengaruh Aplikasi Pupuk Campuran terhadap Kandungan Al-dd	33
4.1.3 pH Tanah Setelah Aplikasi Pupuk Campuran	35
4.1.4 Kandungan C-organik tanah dan P-tersedia tanah Setelah.....	36
4.1.5 Korelasi antara C-organik Tanah, P-tersedia Tanah dan pH Tanah	37
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Analisis Sampel Tanah Awal	38
4.2.2 Kandungan Pupuk Campuran.....	39
4.2.3 Dinamika Kandungan Al-dd Tanah.....	40
4.2.4 Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Al-dd Tanah.....	41
4.2.5 Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Al-dd tanah	41
4.2.6 Dinamika pH Tanah.....	44
4.2.7 Analisis Ragam Pupuk Campuran terhadap pH Tanah.....	44
4.2.8 Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah.....	45
4.2.9 Kandungan C-organik Tanah dan P-tersedia Tanah.....	47
4.2.10 Korelasi C-organik Tanah, P-tersedia Tanah, pH Tanah terhadap Al-dd Tanah	48
V. SIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Simpulan.....	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan Penelitian Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) dan pH Tanah pada Lahan Kering Masam.....	23
2. Kandungan Al-dd tanah, C-organik tanah, pH tanah dan P-tersedia tanah	32
3. Kandungan Pupuk Campuran	33
4. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap	34
5. Pengaruh Aplikasi Pupuk Campuran terhadap Kandungan Al-dd	35
6. Pengaruh Aplikasi Pupuk Campuran terhadap pH Tanah	36
7. Kandungan C-organik tanah dan P-tersedia tanah setelah aplikasi pupuk campuran	37
8. Ringkasan uji korelasi antara C-organik tanah, P-tersedia tanah dan pH tanah dengan kandungan Al-dd tanah setelah Aplikasi Pupuk Campuran.	37
9. Ringkasan uji korelasi antara C-organik tanah dan P-tersedia tanah terhadap pH tanah setelah Aplikasi Pupuk Campuran	38
10. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 30 HSI	63
11. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 30 HSI.....	63
12. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 30 HSI.....	63
13. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Al-dd pada Pengamatan 30 HSI.....	64

14. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 60 HSI	64
15. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 60 HSI.....	65
16. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 60 HSI.....	65
17. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Al-dd pada Pengamatan 60 HSI.....	65
18. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 90 HSI	66
19. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 90 HSI.....	66
20. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) Pada Pengamatan 90 HSI.....	67
21. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Al-dd pada Pengamatan 90 HSI.....	67
22. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 30 HSI.....	67
23. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 30 HSI	68
24. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 30 HSI	68
25. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 30 HSI	68
26. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 60 HSI.....	69
27. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 60 HSI	69
28. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 60 HSI	70
29. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 90 HSI.....	70
30. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 90 HSI	70
31. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 90 HSI	71

32. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap pH Tanah pada Pengamatan 90 HSI	71
33. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organikTanah pada Pengamatan 30 HSI.....	71
34. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 30 HSI.....	72
35. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 30 HSI.....	72
36. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 30 HSI.....	72
37. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organikTanah pada Pengamatan 60 HSI.....	73
38. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 60 HSI.....	73
39. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 60 HSI.....	73
40. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 60 HSI.....	74
41. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organikTanah pada Pengamatan 90 HSI.....	74
42. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 90 HSI.....	75
43. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organikTanah pada Pengamatan 90 HSI.....	75
44. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 90 HSI.....	75
45. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 30 HSI.....	76
46. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 30 HSI	76
47. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 30 HSI	76
48. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 30 HSI	77
49. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 60 HSI.....	77
50. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 60 HSI	78

51. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 60 HSI	78
52. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 60 HSI	78
53. Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 90 HSI.....	79
54. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 90 HSI	79
55. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 90 HSI	79
56. Uji BNT taraf 5% pada Pengaruh Pupuk Campuran terhadap P-tersedia tanah pada Pengamatan 90 HSI	80
57. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) pH Tanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 30 HSI	80
58. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) pH Tanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 60 HSI	80
59. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) pH Tanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 90 HSI	81
60. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) C-organikTanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 30 HSI	81
61. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) C-organikTanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 60 HSI	81
62. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) C-organikTanah dengan Al-dd Tanah Pengamatan 90 HSI.....	81
63. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) P-tersedia Tanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 30 HSI	82
64. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) P-tersedia Tanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 60 HSI	82
65. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) P-tersedia Tanah dengan Al-dd Tanah pada Pengamatan 90 HSI	82
66. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) C-organikTanah dengan pH Tanah pada Pengamatan 30 HSI	82
67. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) C-organikTanah dengan pH Tanah pada Pengamatan 60 HSI	83
68. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) C-organikTanah dengan pH Tanah pada Pengamatan 90 HSI	83
69. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) P-tersedia Tanah dengan pH Tanah pada Pengamatan 30 HSI	83

70. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) P-tersedia Tanah dengan pH Tanah pada Pengamatan 60 HSI	83
71. Hasil Uji Korelasi (ANOVA) P-tersedia Tanah dengan pH Tanah pada Pengamatan 90 HSI	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	10
2. Pupuk Campuran.....	16
3. Denah Percobaan di Rumah Kaca.....	24
4. Tata Letak Pengambilan Sampel Tanah.....	25
5. Pengaplikasian Pupuk pada Sampel Tanah.....	26
6. Metode Alhriks (Penetapan Kadar Air Kapasitas Lapang).....	27
7. Pemberian Air pada Sampel Tanah.....	27
8. Dinamika kandungan Al-dd tanah di dalam tanah setelah inkubasi pada seluruh waktu pengamatan.....	33
9. Dinamika kandungan pH tanah di dalam tanah setelah inkubasi pada seluruh waktu pengamatan.....	35
10. Grafik korelasi antara P-tersedia dan pH tanah pada pengamatan 60 HSI.....	38
11. Aplikasi pupuk pada sampel tanah dan pemberian air pada setiap minggu (dilakukan inkubasi 1-3 bulan).....	86
12. Pengambilan sampel tanah pada setiap bulan.....	86
13. Kering udara sampel tanah dan pengayakan sampel tanah dengan ayakan 2 mm.....	86
14. Analisis Al-dd tanah dengan metode titrimetri.....	86
15. Analisis pH tanah dengan metode elektrometik.....	87
16. Analisis C-organik tanah dengan metode <i>Walkley and Black</i> 1934.....	87
17. Analisis P-tersedia dengan metode <i>Bray-I</i>	87

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Lampung merupakan provinsi yang memiliki peluang cukup besar untuk meningkatkan produksi pertanian melalui peningkatan produktivitas lahan sub-optimal. Lahan sub-optimal yang paling luas di Provinsi Lampung adalah lahan kering masam (Hafif, 2014). Menurut Balitbangtan (2013) Provinsi Lampung memiliki luas lahan kering masam seluas 2,3 juta ha atau sekitar 67% dari total luas wilayah Lampung yang disarankan untuk pengembangan komoditas baik tanaman semusim ataupun tahunan. Lahan kering masam merupakan lahan yang memiliki kesuburan tanah yang rendah, memiliki tingkat kemasaman tanah yang tinggi, kandungan bahan organik rendah, kadar unsur hara rendah dan mengandung Al, Fe, dan Mn dalam jumlah relatif tinggi sehingga dapat meracuni tanaman (Lakitan, 2013). Penyebab terjadinya lahan kering masam, yaitu pelapukan batuan induk, curah hujan yang tinggi > 2000 mm per tahun, pengelolaan lahan pertanian yang tidak tepat seperti pemberian pupuk anorganik secara terus menerus (Mulyani *et al.*, 2013).

Tanah pada perkebunan PT Great Giant Pineapple yang terletak di Lampung Tengah termasuk dalam kriteria lahan kering masam, karena jenis tanah pada perkebunan ini adalah tanah Ultisol dan Inceptisol serta tingkat curah hujan pada perkebunan ini adalah 2200 – 3000 mm per tahun (Sidik, 2015). Sejalan dengan Kasno (2019) lahan kering masam didominasi oleh tanah Ultisol, Oxisol dan Inceptisol. PT Great Giant Pineapple merupakan perusahaan perkebunan nanas yang terbesar di Lampung. Perkebunan ini memiliki kesuburan tanah yang rendah. Selain karena penyebab alami seperti curah hujan yang tinggi dan pelapukan batuan induk kesuburan tanah yang rendah pada PT Great Giant Pineapple juga

disebabkan oleh pengolahan tanah yang intensif dan pemberian pupuk anorganik secara terus menerus. Pengolahan tanah intensif mengakibatkan pemadatan tanah, penurunan bahan organik, permeabilitas pada tanah rendah, dan kemantapan agregat rendah (Nursyamsu, 2022). Sedangkan menurut Blanco *et al.* (2013) bahwa penggunaan pupuk anorganik dalam waktu jangka panjang dapat mengakibatkan penurunan kualitas struktur tanah dan sifat kimia tanah. Hasil penelitian Setyorini (2014) melaporkan bahwa kandungan Aluminium dapat ditukar (Al-dd) pada PT Great Giant Pineapple adalah sebesar $0,77 \text{ cmol kg}^{-1}$ tanah dan kejenuhan Al sebesar 34,27 % (tinggi) dengan pH tanah 4,33 yang tergolong sangat masam.

Kelarutan Al yang tinggi dapat memengaruhi tanaman, gejala keracunan Al yang paling mudah dikenali adalah penghambatan pertumbuhan akar, dimana dalam hal ini sistem perakaran tidak berkembang (pendek dan tebal) sebagai akibat penghambatan perpanjangan sel. Keracunan Al menyebabkan rendahnya kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dan air. Karena kadar Al-dd tanah yang tinggi, P anorganik difiksasi dalam bentuk yang tidak tersedia dan tidak dapat diserap oleh tanaman, sehingga kadar P yang tersedia di dalam tanah rendah (Rajmi, 2018). Menurut Fujii (2014), proses geokimia menyebabkan kemasaman pada tanah, meningkatkan kelarutan aluminium (Al) dan penurunan ketersediaan unsur fosfor. Ketika pH tanah rendah ($\text{pH} < 5,5$), kelarutan Al meningkat. Pada $\text{pH} \leq 5$ didominasi dengan kelarutan Al^{3+} yang memiliki dampak paling besar pada tanaman dan juga bisa bersifat toksik. Pada $\text{pH} > 5-6$ terdapat jenis $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ dan $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ yang tidak begitu toksik terhadap tanaman. Kemudian, pada pH netral terdapat jenis $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang tidak beracun dan relatif tidak larut dan pada pH yang bersifat basa ($\text{pH} > 7$) yang dominan adalah $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ (Kisnieriene, 2015).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kendala dari lahan kering masam seperti kandungan unsur hara yang rendah, C-organik rendah, pH tanah yang masam dan kandungan aluminium yang tinggi dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk. Pemberian pupuk anorganik seperti pupuk DAP, kieserit, dan KCl, dapat menambahkan unsur hara di dalam tanah. Namun, pemberian

pupuk anorganik akan lebih efisien jika dikombinasikan dengan pupuk organik menjadi pupuk campuran.

Pupuk campuran merupakan jenis pupuk majemuk yang mengandung lebih dari satu jenis unsur hara, mengandung bahan organik, anorganik dan bahan pembenah tanah. Kombinasi antara bahan organik, anorganik, dan bahan pembenah tanah ini bertujuan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pupuk yang dihasilkan menjadi *slow release* dan tidak mudah mengalami pencucian ketika diaplikasikan pada tanah. Pupuk *slow release* dapat mengontrol pelepasan unsur hara yang mudah hilang karena pelarutan dan penguapan yang lambat dan bertahap. Selain itu, pupuk *slow release* dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Idaryani, 2019). Pupuk Campuran yang digunakan pada penelitian ini terdapat dua jenis, yaitu pupuk campuran A dengan komposisi (kompos kotoran sapi dan pupuk anorganik) dan pupuk campuran B dengan komposisi (kompos kotoran sapi, pupuk anorganik, biochar, vermikompos, *Liquid Organic Biofertilizer* (LOB)).

Kompos kotoran sapi dan vermikompos merupakan bahan organik yang dapat memperbaiki sifat kimia tanah. Bahan organik dalam proses dekomposisinya akan melepaskan asam-asam organik yang dapat mengikat Al dan membentuk senyawa kompleks, sehingga Al menjadi tidak larut dan pH tanah dapat meningkat (Tan, 2010). Kemudian biochar bambu merupakan jenis pembenah tanah yang dapat meningkatkan pH tanah dan menurunkan kelarutan Al. Al^{3+} akan diubah ke bentuk yang lebih rendah toksisitasnya, yaitu dalam bentuk $Al(OH)_3$ (Shetty *et al.*, 2020). Selain itu, penggunaan *Liquid Organic Biofertilizer* (LOB) dalam tanah juga dapat meningkatkan kesuburan tanah. LOB merupakan pupuk hayati cair yang mengandung mikroorganisme yang mampu melarutkan fosfat, penambat nitrogen, dan sebagai dekomposer bahan organik. Pupuk hayati memiliki manfaat dalam meningkatkan mikroorganisme dalam tanah, memperbaiki agregat tanah, menambahkan unsur hara dan ramah terhadap lingkungan (Syahputra *et al.*, 2011).

Penggunaan pupuk anorganik seperti pupuk DAP dapat meningkatkan P tersedia tanah. Namun, unsur hara yang tersedia dan akan diserap oleh tanaman akan mudah hilang. Hal ini karena pupuk DAP akan menghasilkan unsur hara P dan unsur hara P mudah diendapkan oleh aluminium menyebabkan tidak dapat tersedia untuk tanaman (Syamsiyah, 2023). Sehingga penggunaan pupuk anorganik dapat digabungkan dengan pupuk organik agar unsur hara yang tersedia dapat bertahan lama di dalam tanah. Selaras dengan sifat pupuk organik yang lambat tersedia oleh tanaman dan dapat menurunkan kelarutan Al di dalam tanah (Baghdadi *et al.*, 2018). Berdasarkan uraian diatas maka dari itu dilakukan penelitian pengaruh pupuk campuran terhadap kandungan Al-dd tanah dan pH tanah di lahan kering masam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini dilaksanakan untuk mengatasi masalah yang dirumuskan dalam pernyataan sebagai berikut.

1. Apakah aplikasi pupuk campuran A, pupuk campuran B dan pupuk anorganik dapat berpengaruh terhadap kandungan Al-dd tanah di lahan kering masam?
2. Apakah aplikasi pupuk campuran A, pupuk campuran B dan pupuk anorganik dapat berpengaruh terhadap pH tanah di lahan kering masam?

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mempelajari pengaruh aplikasi pupuk campuran A, pupuk campuran B dan pupuk anorganik terhadap kandungan Al-dd tanah di lahan kering masam.
2. Mempelajari pengaruh aplikasi pupuk campuran A, pupuk campuran B dan pupuk anorganik terhadap pH tanah di lahan kering masam.

1.4 Kerangka Pemikiran

Lahan kering masam adalah lahan yang dicirikan memiliki pH rendah ($<5,5$), kandungan bahan organik rendah, kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation rendah, kelarutan Al yang tinggi, dan kandungan unsur hara N, P, dan K rendah. (Kasno, 2019). Sejalan dengan penelitian Mawaddah (2023) bahwa lahan kering masam memiliki kandungan unsur hara N-total 0,04% (sangat rendah), P-tersedia tanah 6,38 ppm (rendah) dan K-dd 0,07 cmol kg⁻¹ (sangat rendah). Hal ini dikarenakan unsur hara yang tersedia mengalami pencucian (*leaching*) bersama dengan air hujan atau air irigasi. Selain itu, hasil penelitian Sanjaya (2016) menunjukkan bahwa kandungan C-organik dan pH tanah di lahan kering masam, yaitu 1,22% (C-organik) dan 4,32 (pH tanah) yang termasuk ke dalam kategori rendah dan sangat masam. Kandungan bahan organik tanah pada umumnya rendah karena proses dekomposisi yang berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Setyorini (2014) juga melaporkan bahwa kandungan Al-dd tanah pada PT Great Giant Pineapple dengan jenis tanah Ultisol adalah sebesar 0,77 cmol kg⁻¹ tanah dan kejenuhan Al sebesar 34,27 % (tinggi) dan pH tanah 4,33 yang tergolong masam. Kemasaman tanah terjadi karena proses pelapukan mineral dan batuan serta pencucian yang sangat cepat. pH tanah yang rendah akan menyebabkan kandungan Al tinggi di dalam tanah. Kandungan Al yang tinggi dapat bersifat toksik bagi tanaman.

Permasalahan dari lahan kering masam ini dapat diatasi dengan pemupukan. Pada penelitian ini terdapat tiga jenis pupuk, yaitu Pupuk anorganik dan insektisida (DAP 200 kg ha⁻¹, Kieserit 300 kg ha⁻¹, KCl 100 kg ha⁻¹) + (Insektisida :Bifentrin 50 kg ha⁻¹), Pupuk Campuran A (kompos kotoran sapi 54,3% + pupuk anorganik 40,6% + (air 5,1%)), dan Pupuk Campuran B ((kompos kotoran sapi 42% - 49,5%) + (pupuk anorganik 36%) + (LOB 12,5%) + (vermikompos 1% -5%) + (biochar bambu 1% - 5%)).

Beberapa jenis pupuk anorganik yang digunakan dalam budidaya tanaman nanas di PT Great Giant Pineapple adalah pupuk DAP, Kieserit, KCl, dan penambahan insektisida dengan jenis Bifentrin. Pupuk DAP ((NH₄)₂HPO₄) dapat berfungsi

dalam pertumbuhan akar, mempercepat pembentukan bunga, pemasakan biji dan buah, serta menambah kadar protein hasil panen. Pupuk DAP (merupakan sumber P dan N yang sangat baik. Pupuk ini sangat mudah larut dan melarut dengan cepat dalam tanah untuk melepaskan fosfat dan amonium. Keberadaan amonium dalam DAP merupakan sumber N yang sangat baik dan secara bertahap diubah menjadi nitrat oleh bakteri tanah, menyebabkan adanya penurunan pH. Dengan demikian, kenaikan pH tanah di sekitar granul DAP merupakan efek sementara (IPNI, 2016).

Pupuk yang selanjutnya pupuk kieserit. Pupuk kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) adalah pupuk yang mengandung unsur hara Magnesium (Mg) dan juga Sulfur (S) dapat membantu proses fotosintesis tanaman dengan membentuk klorofil pada daun serta pertumbuhan dan perkembangan tanaman (IPNI, 2016). Pupuk kieserit adalah kristal padat berwarna putih yang tidak larut dalam air. Kemudian pupuk kalium klorida (KCl), mengandung sekitar 60 % Kalium dalam bentuk K_2O . Pupuk ini, yakni jenis pupuk yang mudah larut dalam air, sehingga mudah diserap oleh tanaman. Pupuk ini dapat meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan hama, penyakit (Purba *et al.*, 2021). Pada umumnya pupuk anorganik memiliki kelebihan dalam menambahkan unsur hara dalam tanah. Akan tetapi pengaplikasian pupuk anorganik akan lebih efisien jika digabungkan dengan pupuk organik. Pemberian pupuk organik pada tanaman budidaya dapat meningkatkan produktivitas tanah karena bahan organik memiliki kemampuan untuk memperbaiki sifat kimia, fisika maupun biologi tanah (Suwahyono, 2011).

Pupuk anorganik memiliki kelebihan dalam memenuhi sifat kimia tanah seperti penambahan unsur hara yang tersedia di dalam tanah. Namun, jika menggunakan pupuk anorganik secara terus-menerus dapat mengakibatkan kerusakan struktur tanah, mengganggu aktivitas biologi dalam tanah dan sifat kimia tanah. Sehingga dengan penggunaan pupuk anorganik dikombinasikan dengan pupuk organik merupakan strategi pengelolaan lahan kering yang dapat meningkatkan produktivitas tanah, dan hasil tanaman (Sulaeman *et al.*, 2017). Sejalan dengan penelitian Murnita dan Taher (2021) bahwa pemberian pupuk anorganik dan pupuk organik dapat meningkatkan unsur hara dalam tanah. Hal ini dapat terlihat

dari perlakuan pemberian 50% NPK + 50% pupuk organik dapat meningkatkan kandungan unsur hara P dari 59,46 ppm menjadi 146,02 ppm dan unsur hara N dari 0,52% menjadi 0,63%. Selain itu terjadi peningkatan juga pada unsur hara K sebelumnya sebesar 0,38 cmol kg⁻¹ menjadi 0,78 cmol kg⁻¹.

Berdasarkan penelitian oleh Utami (2023), menyampaikan bahwa pemberian kompos kotoran sapi dapat menurunkan kandungan aluminium di dalam tanah yang secara signifikan dengan penambahan dosis kompos kotoran sapi. Kompos kotoran sapi yang merupakan bahan organik akan terdekomposisi di dalam tanah dan menghasilkan asam-asam organik yang akan membentuk senyawa khelat dengan Al³⁺ di dalam tanah (Siregar, 2017). Sehingga Al-dd tanah bisa menurun dan dapat menyediakan unsur hara P di dalam tanah. Tanah masam memiliki korelasi dengan kelarutan aluminium, dengan pH di bawah 5,4 aluminium dapat terlarut dalam larutan tanah. Namun, dengan pH tanah meningkat di atas 5,4 kelarutan aluminium dapat menurun drastis. Bahan organik yang sudah terdekomposisi memiliki kemampuan untuk meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Ini dimulai dengan meningkatkan kation basa sehingga secara signifikan menurunkan kation asam, terutama Al. Selain itu, bahan organik membentuk ikatan yang kuat dengan Al yang dikenal sebagai khelat dengan Al.

Pemberian vermikompos juga dapat bermanfaat bagi kesuburan tanah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fitria (2018), menunjukan bahwa pemberian vermikompos dengan dosis 15 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹, 25 t ha⁻¹, dan 30 t ha⁻¹ pada tanah Ultisol dan dilakukan inkubasi selama 5 minggu terlihat bahwa pada pH tanah awal, yaitu 5,38 kemudian pada minggu ke 3 dan minggu ke 5 pemberian vermikompos dapat menaikkan rata-rata pH tanah menjadi 6,29 dan 6,35. Selain itu, vermikompos juga dapat meningkatkan kandungan C-organik tanah dan dapat meningkatkan P tersedia tanah. Kandungan P dalam vermikompos tinggi dan aplikasi vermikompos mampu menurunkan P yang teradsorpsi dalam tanah. Ketika P-tersedia di dalam tanah meningkat maka kandungan Al akan mengalami penurunan. Penambahan bahan organik akan memberikan pengaruh positif terhadap kelarutan fosfat di dalam tanah (Sari *et al.*, 2017).

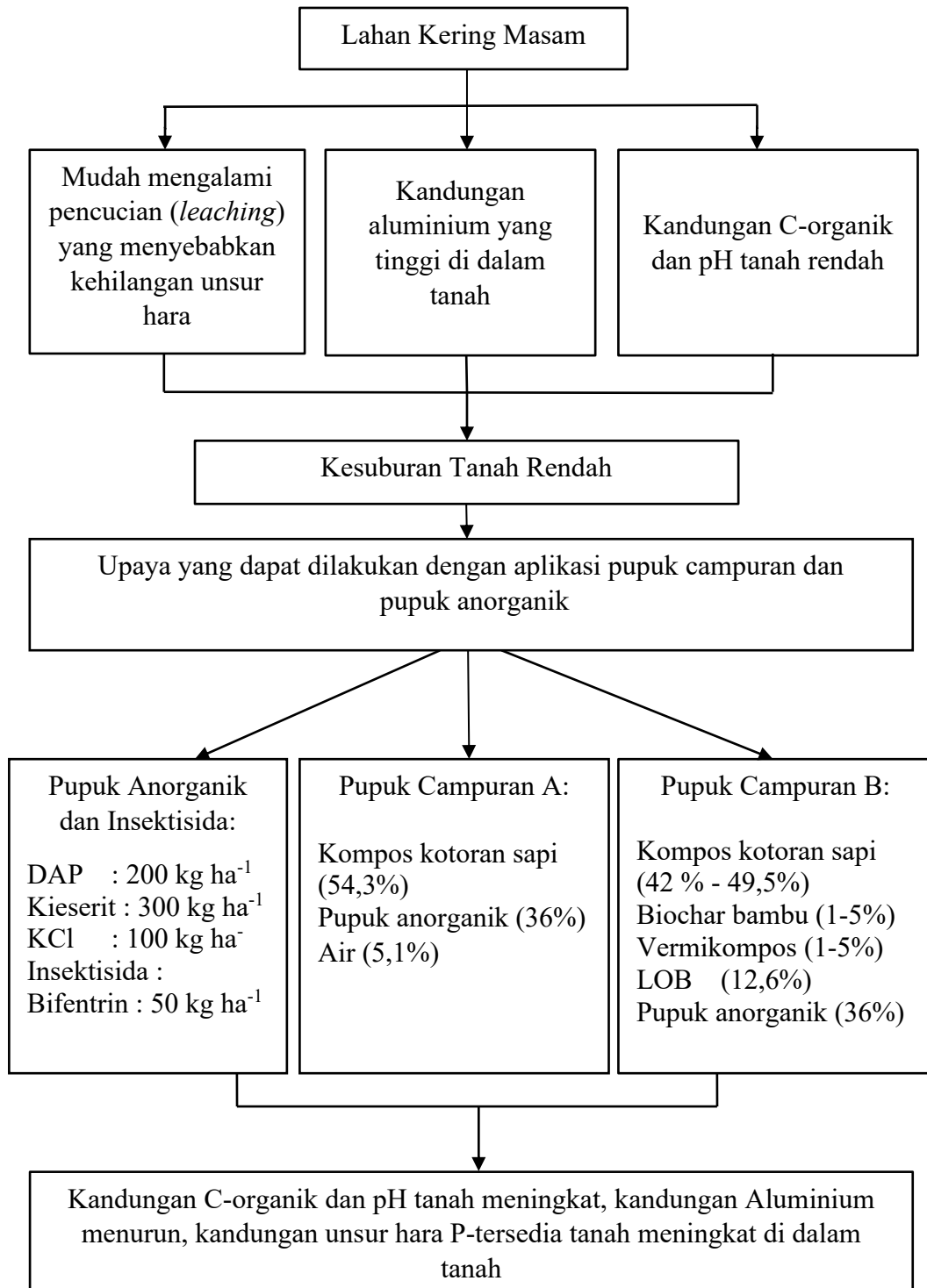
Bahan pembenah tanah seperti biochar bambu juga dapat meningkatkan pH tanah. Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Halis *et al.* (2022) menyatakan bahwa pemberian biochar bambu berpengaruh nyata dalam meningkatkan pH tanah. pH biochar yang tinggi dapat meningkatkan pH tanah yang masam. Menurut Qian *et al.* (2013) peningkatan dari nilai pH tanah dapat mengubah Al^{3+} menjadi senyawa yang tidak beracun dan tidak terlarut, yaitu dalam bentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$. Jika kation Al^{3+} terhidrolisis maka akan menambahkan ion H^+ di dalam tanah, yang akan mengakibatkan terjadinya penurunan nilai pH tanah dan dapat memengaruhi jumlah ketersediaan fosfor (P) yang akan diserap tanaman.

Mateus *et al.* (2017) juga menyatakan bahwa pemberian biochar pada tanah masam akan meningkatkan pH tanah yang masam. Biochar memiliki gugus fungsional salah satunya adalah gugus hidroksil (OH^-) yang dapat mengikat ion H^+ yang tersedia tinggi di dalam tanah masam. Sasmita *et al.* (2021) melaporkan bahwa pada biochar juga terdapat gugus karboksil $-\text{COOH}$. Atom hidrogen yang terdapat pada gugus karboksil dapat terlepas sebagai ion H^+ atau mengalami deprotonasi akibat peningkatan pH tanah. Pada saat gugus karboksil mengalami deprotonasi maka akan meningkatkan muatan negatif pada gugus karboksil sehingga dapat membentuk khelat dengan Al^{3+} (Kafisah, 2014).

Pada penelitian Ayni (2021) melaporkan bahwa pemberian dosis biochar berpengaruh nyata dalam meningkatkan pH tanah sejalan dengan peningkatan pemberian dosis biochar, yaitu terdapat 4 perlakuan $\text{B}_1 = 2,1 \text{ g}/100 \text{ g tanah}$, $\text{B}_2 = 4,2 \text{ g}/100 \text{ g tanah}$, $\text{B}_3 = 6,3 \text{ g}/100 \text{ g tanah}$ dan, $\text{B}_4 = 8,4 \text{ g}/100 \text{ g tanah}$. Hasil yang didapatkan setelah inkubasi pH tanah yang paling tinggi terdapat pada perlakuan B_4 , pada setiap minggu ketika inkubasi terjadi peningkatan sebesar 6,02; 5,61; 5,95; 6,44. Sedangkan perlakuan yang lain juga mengalami peningkatan namun tidak sebesar perlakuan B_4 . Nilai pH tanah yang semakin tinggi dikarenakan meningkatnya dosis biochar yang diberikan. Pengaruh efek pemberian biochar meningkatkan kandungan ion (OH^-) yang menyebabkan pH tanah meningkat (Gundale *et al.*, 2006). Oleh karena itu pemberian dosis biochar yang lebih banyak akan menyumbangkan ion OH^- yang lebih tinggi sehingga pH tanah semakin meningkat.

Komposisi lain dari pupuk campuran adalah *Liquid Organic Biofertilizer* (LOB). LOB merupakan pupuk organik cair hayati yang memiliki kandungan mikroorganisme seperti *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Azotobacter* sp. dan yang lainnya. Mikroorganisme yang terdapat di dalam LOB dapat memacu pertumbuhan tanaman, menambat nitrogen, melarutkan fosfat dan menghambat pertumbuhan penyakit tanaman (Kumar *et al.*, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian Priambodo (2019) menyatakan bahwa penambahan pupuk hayati berpengaruh nyata dalam memperbaiki sifat kimia tanah. Pupuk hayati ini diaplikasikan pada polybag yang ditanami bayam. Setelah panen dilakukan analisis tanah terlihat bahwa pada kontrol didapatkan kandungan unsur hara N dan P, adalah 0,110% (N-total), 110,717 ppm (P-tersedia tanah), berbeda nyata dengan polybag yang diberikan pupuk hayati 20 ml, yaitu 0,137% (N-total) dan 121,324 ppm (P-tersedia tanah) Hal ini dikarenakan terdapat bakteri *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. yang dapat memfiksasi N dari udara. Selain itu terdapat bakteri *Pseudomonas* sp. sebagai pelarut fosfat yang dapat meningkatkan P-tersedia di dalam tanah. Melalui penelitian ini diharapkan pupuk campuran B mampu menurunkan kandungan Al, meningkatkan pH tanah, C-organik dan P-tersedia tanah pada lahan kering masam.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Kandungan Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd) dan pH Tanah pada Lahan Kering Masam

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kandungan Al-dd tanah pada aplikasi pupuk campuran B mengalami penurunan dibandingkan dengan pupuk campuran A dan pupuk anorganik di lahan kering masam.
2. pH tanah pada aplikasi pupuk campuran B mengalami peningkatan dibandingkan dengan pupuk campuran A dan pupuk anorganik di lahan kering masam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lahan Kering Masam

Salah satu lahan sub-optimal yang memiliki potensi untuk dikembangkan adalah lahan kering masam. Luas lahan kering masam di Indonesia mencapai 107,36 juta ha dan sebagian besar tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi (Balitbangtan, 2015). Tanah Ultisol, Oxisol, dan Inceptisol merupakan jenis tanah pada lahan kering masam yang telah mengalami pelapukan yang lebih lanjut. Fraksi pasirnya terdiri dari kuarsa dan opak, sedangkan fraksi liat terdiri dari kaolinit, goetit, dan hematit. Permasalahan utama pada lahan kering masam adalah kemasaman tanah yang tinggi, serta kandungan Al yang tinggi, KTK, kejenuhan basa, dan kandungan C-organik yang rendah. Jika lahan kering masam dikelola secara intensif tanpa mempertimbangkan keseimbangan hara, pengelolaan tersebut dapat menyebabkan kemasaman tanah yang lebih tinggi, hara makro primer dan sekunder yang semakin rendah, dan hidrolisis Al dapat terjadi (Muzaiyanah *et al.*, 2016).

Tanah masam dicirikan oleh pH yang rendah ($< 5,5$), kejenuhan basa, dan kapasitas tukar kation yang rendah. Tanah ini juga memiliki kandungan hara N, P, dan K yang rendah, dan kejenuhan Al yang tinggi. Kejenuhan Al yang tinggi dapat memfiksasi hara P. Pada umumnya lahan kering masam memiliki curah hujan yang tinggi. Akibatnya, tingkat kesuburan lahan kering masam tergolong rendah (Erfandi, 2013).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi lahan kering masam salah satunya dengan penambahan bahan organik. Bahan organik yang ditambahkan bisa dari sisa-sisa hasil pertanian ataupun yang berasal dari kotoran hewan. Sejalan dengan penelitian Afandi (2016) penambahan bahan organik dapat memperbaiki sifat kimia tanah seperti peningkatan pH tanah dari 4,6 menjadi 5.59, peningkatan C-organik tanah dari 0,75% menjadi 1,04% dan peningkatan unsur hara seperti N-total dari 0,22% menjadi 0,27% , P-tersedia dari 3,88 ppm menjadi 8,59 ppm, K-tersedia dari 0,196 cmol kg⁻¹ menjadi 0,43 cmol kg⁻¹. Bahan organik yang ditambahkan dapat menghasilkan asam-asam organik yang dapat menurunkan Al di dalam tanah sehingga P yang mengendap dapat tersedia dan meningkatkan pH tanah. Selain itu, hasil dekomposisi bahan organik juga dapat berupa unsur hara makro.

2.2 Kelarutan Aluminium

Kadar Al dalam bentuk dapat ditukarkan (Al-dd tanah) biasanya ditemukan pada tanah masam dengan pH <5,0. aluminium ini sangat aktif karena berbentuk monomer Al³⁺, yang berbahaya untuk tanaman dengan meracuninya atau mengikat fosfor. Oleh karena itu, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh Al ini, kejenuhannya harus ditentukan. Bahaya keracunan terhadap tanaman meningkat dengan kejenuhan aluminium. Ada korelasi langsung antara kadar aluminium dan pH tanah. Semakin rendah pH tanah, semakin tinggi aluminium yang dapat dipertukarkan, dan sebaliknya (Herviyanti *et al.*, 2015).

Faktor-faktor yang dapat memengaruhi toksisitas Al-dd tanah di dalam tanah adalah 1) kemasaman tanah. Menurut Fujii, (2014), kemasaman pada tanah menyebabkan peningkatan toksisitas Aluminium (Al) dan keterbatasan unsur fosfor melalui proses geokimia maupun biologi. Keracunan Al meningkat apabila pH tanah pada kondisi masam (pH < 5,5), dimana unsur fosfor juga menurun, dan terjadi pelapukan tanah. Pelapukan tanah intensif dapat meningkatkan toksisitas Al-dd di dalam tanah, terdapat batuan yang mengandung aluminium pada pelapukan akan melepaskan AlOH₃ yang bisa saja berubah menjadi lebih toksik

tergantung pada pH di dalam tanah (Sathyaseelan *et al.*, 2019). Selain itu, aktivitas manusia seperti limbah hasil industri yang mengandung aluminium dapat meningkatkan kelarutan Al di dalam tanah dan praktik pertanian seperti pemberian pupuk anorganik secara terus-menerus (Indriyati *et al.*, 2023).

Aluminium tidak diketahui memiliki peran penting dalam metabolisme tanaman meskipun merupakan unsur logam yang paling melimpah di kerak bumi (Sade *et al.*, 2016). Aluminium diketahui dapat membatasi pertumbuhan akar yang pada gilirannya membuat akar tidak efisien dalam menyerap nutrisi dan air dan dapat menghambat proses mikroba. Toksisitas aluminium mengganggu ketersediaan, serapan, pengangkutan, dan pemanfaatan nutrisi penting bagi tanaman seperti unsur hara fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) (Singh *et al.*, 2017).

Al akan mengikat P dari tanah atau pupuk dalam bentuk senyawa yang tidak larut, yang sering terjadi pada tanah masam (Herviyanti *et al.*, 2015). Pada $\text{pH} \leq 5$ didominasi dengan kelarutan Al^{3+} yang memiliki dampak paling besar pada tanaman dan juga bisa bersifat toksik. Pada $\text{pH} > 5-6$ terdapat jenis $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ dan $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ yang tidak begitu toksik terhadap tanaman. Kemudian, pada pH netral terdapat jenis $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang tidak beracun dan relatif tidak larut. Dan pada pH yang bersifat basa ($\text{pH} > 7$) yang dominan adalah $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ (Kisnieriene, 2015).

2.3 pH Tanah

Sifat kemasaman atau alkalinitas merupakan reaksi tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam tanah. Jumlah ion H^+ di dalam tanah berkorelasi positif dengan masamnya tanah. Selain ion H^+ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH^- di dalam tanah. Pada tanah yang masam kandungan ion H^+ dapat ditemukan lebih banyak daripada ion OH^- sedangkan pada tanah alkalis kandungan ion OH^- lebih banyak daripada ion H^+ . Jika dalam situasi kandungan H^+ sama dengan OH^- maka tanah tersebut bereaksi netral, yaitu mempunyai pH 7 (Stefani *et al.*, 2022)

pH tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu iklim, bahan induk tanah, dan topografi. Iklim dapat mempengaruhi proses reaksi kimia tanah dan dengan demikian mempengaruhi pH tanah. Curah hujan yang meningkat dapat melepaskan banyak kation basa alkali dari lapisan atas tanah, dan kondisi ini dapat menyebabkan pengasaman lapisan atas tanah. Suhu mempengaruhi tingkat pelapukan batuan, dan curah hujan sebagian besar mempengaruhi aliran material. Tanah dari iklim kering umumnya bersifat basa dengan pH tanah yang tinggi. Sebaliknya, tanah dari iklim basah biasanya bersifat asam dengan pH tanah yang rendah. Distribusi pH tanah sangat bergantung pada sifat bahan induknya. Tanah dengan pH rendah terutama berkembang dari bahan yang bersifat asam seperti granit, dan tanah dengan pH tinggi terutama disebabkan oleh sifat bahan induk yang berkapur. Topografi mempengaruhi pH tanah dengan mengendalikan aliran air dan transportasi air (Zhang *et al.*, 2019).

Unsur hara tanaman seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan molibdenum (Mo) memiliki ketersediaan yang rendah pada nilai pH yang sangat asam. Unsur hara lain seperti mangan (Mn), tembaga (Cu) dan seng (Zn) cenderung lebih banyak tersedia pada pH tanah masam ($\text{pH} < 5$). Ketersediaan besi (Fe) dan aluminium (Al) meningkat seiring dengan meningkatnya keasaman tanah dan Al menjadi racun bagi tanaman pada nilai pH kurang dari 5 (Cihacek *et al.*, 2021). Ketika pH menurun Al^{3+} akan terhidrolisis dan menjadi terlarut sehingga kelarutan Al-dd tanah di dalam tanah meningkat. Ketika pH meningkat, Al dapat mengendap kembali untuk membentuk Al hidroksida yang sukar larut di dalam tanah, sehingga menyebabkan kelarutan Al menjadi berkurang (Wei Li, *et al.*, 2016).

2.4 Pupuk Campuran

Pupuk campuran merupakan pupuk majemuk yang terdiri dari campuran pupuk organik, pupuk anorganik dan pembenah tanah. Pupuk campuran diproduksi oleh PT Great Giant Pineapple. Pupuk ini dibuat dalam bentuk *slow release* (pupuk lepas lambat). Pupuk *slow release* dapat mengontrol pelepasan unsur hara yang mudah hilang karena pelarutan dan penguapan yang lambat dan bertahap. Selain

itu, pupuk *slow release* dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Idaryani, 2019). Komposisi dari pupuk campuran ini adalah kompos kotoran sapi, pupuk anorganik, vermikompos, biochar bambu, LOB.



Gambar 2. Pupuk Campuran

2.4.1 Biochar Bambu

Biochar pada umumnya dimanfaatkan sebagai pembenah tanah dalam bidang pertanian. Biochar memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Gani, 2009). Hal ini karena biochar memiliki sifat rekalsitran, yaitu lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil di dalam tanah apabila diaplikasikan untuk jangka waktu yang lama sehingga memiliki pengaruh jangka panjang pula terhadap perbaikan kesuburan tanah (Steiner *et al.*, 2007).

Biochar bambu memiliki manfaat untuk tanah seperti pada penelitian (Halis *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa pemberian biochar bambu dapat meningkatkan pH tanah. Ini karena pH biochar yang tinggi dapat meningkatkan pH tanah yang masam, sejalan dengan penelitian Mateus *et al.* (2017) menyatakan bahwa pemberian biochar pada tanah masam akan meningkatkan pH tanah yang masam. Ketika diaplikasikan pada tanah biochar akan melepaskan ion (OH^-) yang dapat mengikat ion H^+ yang tersedia tinggi di dalam tanah masam (Amalina *et al.*, 2024)

Sasmita *et al.* (2021) melaporkan bahwa pada biochar juga terdapat gugus karboksil -COOH. Atom hidrogen yang terdapat pada gugus karboksil dapat terlepas sebagai ion H^+ atau mengalami deprotonasi akibat peningkatan pH tanah. Pada saat gugus karboksil mengalami deprotonasi maka akan meningkatkan muatan negatif pada gugus karboksil sehingga dapat membentuk khelat dengan Al^{3+} (Kafisah, 2014). Berikut ini reaksi kimia dari gugus karboksil terhadap Al^{3+} :



Pada penelitian (Lestiyani, 2023) bahwa pengaplikasian biochar bambu pada tanaman brokoli, kubis, dan kembang kol dengan dosis biochar $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ dapat meningkatkan pH dan C-organik. Analisis awal tanah pada pH tanah adalah 6,5, kandungan C-organik 1,7% dan kandungan kalium $68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Setelah dilakukan panen dilakukan analisis tanah kembali dan dihasilkan bahwa terjadi peningkatan pada pH tanah menjadi 6,6 kandungan C-organik menjadi 2,9% Nuryani (2003) yang menyatakan bahwa bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah selama proses dekomposisi dapat meningkatkan kandungan karbon dan asam-asam organik yang terbentuk selama pelapukan bahan organik.

2.4.2. Kompos kotoran sapi

Berdasarkan penelitian (Sanni, 2016) menyampaikan bahwa kotoran hewan memiliki manfaat dalam meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan juga dengan penelitian (Obiamaka, 2011) bahwa kotoran sapi dapat meningkatkan pH, unsur hara Ca, Mg, P-tersedia tanah secara signifikan di dalam tanah. Agustin (2018), yang menyatakan bahwa dekomposisi lanjut dari kompos kotoran sapi pada kurun waktu penanaman telah melepaskan ion-ion OH^- dari kompleks jerapannya sehingga berakibat pada peningkatan pH tanah. Antonius *et al.* (2018), juga menyatakan bahwa proses dekomposisi bahan organik mempengaruhi peningkatan pH tanah karena saat proses dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-asam organik yang bersifat amfoter sehingga mampu meningkatkan pH tanah.

Sutanto (2005) yang menyatakan bahwa bahan organik disamping dapat menyumbangkan fosfor (P) juga menghasilkan bahan-bahan terhumifikasi yang berperan dalam memperbesar ketersediaan fosfor (P) dari mineral karena membentuk fosfor (P) humat yang lebih mudah diserap oleh tanaman.

Lehman *et al.* (2011) juga menyatakan bahwa peningkatan hara P pada tanah juga berkaitan dengan pengaruh pemberian kompos kotoran sapi dalam meningkatkan nilai pH tanah dan menurunkan kadar aluminium pada tanah. Semakin menurun kandungan Al di dalam tanah maka semakin sedikit unsur hara P yang diretensi oleh Al, sehingga akan meningkatkan ketersediaan hara P untuk tanaman.

Bahan organik akan terdekomposisi di dalam tanah dan menghasilkan asam-asam organik yang akan membentuk senyawa khelat dengan Al^{3+} bebas dalam tanah, sehingga Al^{3+} yang dapat dipertukarkan menurun. Terdapat hubungan antara Al-dd terhadap pH tanah dan P-tersedia tanah, yaitu dengan penurunan Al-dd tanah maka akan meningkatkan pH dan P-tersedia tanah. Hal ini disebabkan Al^{3+} merupakan logam yang dapat mengikat P dan membuat pH menjadi masam (Siregar, 2017).

2.4.3 Vermikompos

Vermikompos adalah jenis pupuk organik yang diperoleh melalui proses pencernaan di perut cacing tanah (Nusantara *et al.*, 2010). Selain itu, pupuk ini juga mengandung banyak unsur hara dan komponen yang berasal dari kotoran cacing (Putra *et al.*, 2020). Vermikompos adalah pupuk organik dengan unsur hara tinggi yang berasal dari kotoran cacing. Keunggulan dari vermikompos adalah menyediakan N, P, K, Ca, dan Mg dalam jumlah yang seimbang, meningkatkan kandungan bahan organik, meningkatkan kemampuan tanah, menyediakan hormon pertumbuhan tanaman, dan berfungsi sebagai penghalang terhadap efek negatif (Lazcano, 2011).

Hasil dari penelitian (Setiawan *et al.*, 2015) aplikasi vermikompos secara signifikan meningkatkan kandungan N-total tanah, C-organik, dan pH tanah. Hal ini dapat dilihat dari aplikasi vermikompos 30% pada media tanam dengan jenis tanaman pakcoy dan ordo tanah Ultisol, analisis awal tanah diketahui kandungan

C-organik 0,66%, N-total 0,17%, dan pH tanah 4,69. Kemudian hasil analisis tanah setelah panen terdapat peningkatan kandungan C-organik menjadi 3,50%, N-total 0,63%, dan pH tanah 6,98.

Sejalan dengan penelitian oleh Fitria (2018), vermikompos dapat meningkatkan ketersediaan P dan menurunkan kandungan Al-dd tanah di dalam tanah. Analisis awal pada P-tersedia tanah 2,85 ppm pemberian vermikompos pada masa 3 dan 5 MSI (Masa Inkubasi), dapat meningkatkan P tersedia tanah menjadi 3,31 ppm dan 3,24 ppm. Aplikasi vermikompos mampu menurunkan P yang teradsorpsi dalam tanah. Kemudian pada analisis awal tanah kandungan Al-dd tanah tanah adalah $1,00 \text{ cmol kg}^{-1}$, setelah diberikan perlakuan vermikompos pada 3 dan 5 MSI (Minggu Masa Inkubasi), terjadi penurunan kadar Al-dd tanah tanah menjadi $0,68 \text{ cmol kg}^{-1}$ dan $0,72 \text{ cmol kg}^{-1}$.

Penurunan Al-dd tanah pada perlakuan vermikompos, disebabkan karena senyawa organik hasil dekomposisi vermikompos mengikat Al sehingga kadar Al-dd tanah tanah menurun. Dengan penurunan Al-dd tanah maka akan meningkatkan pH tanah dan P-tersedia tanah tanah. Hal ini disebabkan Al^{3+} merupakan logam yang dapat mengikat P dan membuat pH menjadi masam.

Kemudian hasil penelitian Riswandi (2020) yang menggunakan tanaman jagung dan dilakukan pengaplikasian vermikompos pada lahan pertanaman. Analisis awal tanah, yaitu kandungan pH tanah 5,03, C-organik 3,34%, N-total 0,27% dan P-tersedia tanah 6,60 ppm. Setelah dilakukan panen hasil analisis tanah menjadi meningkat, yaitu pada kandungan pH tanah yang tertinggi pada aplikasi vermikompos 25 Mg ha^{-1} sebesar 5,31. Kandungan C-organik yang tertinggi pada aplikasi vermikompos 5 Mg ha^{-1} sebesar 3,77%. Kandungan P-tersedia tanah yang tertinggi pada aplikasi vermikompos 20 Mg ha^{-1} sebesar 23 ppm. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan unsur hara bagi tanaman dari pengaplikasian vermikompos, terutama pada pelepasan unsur hara P yang menyebabkan peningkatan P di dalam tanah.

2.4.4 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik merupakan pupuk yang dibuat di dalam pabrik. Bahan yang digunakan adalah dari bahan anorganik dan dibentuk dengan proses kimia sehingga pupuk ini lebih dikenal dengan nama pupuk anorganik. Karena pupuk organik pembuatannya oleh manusia maka kandungan haranya dapat beragam dan disesuaikan dengan kebutuhan tanaman (Khairunisa, 2015).

Memiliki kadar unsur hara yang tinggi dan larut dalam air, pupuk anorganik lebih mudah diabsorpsi akar tanaman. Pupuk anorganik memberikan reaksi pada tanaman dengan lebih cepat. Namun, kelemahannya adalah tidak ramah lingkungan dan dapat membuat tekstur tanah menjadi keras jika digunakan secara terus menerus (Lestari, 2009). Oleh karena itu, pupuk anorganik harus digunakan dalam dosis yang tepat, tidak berlebihan atau kekurangan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk tetap menggunakan pupuk anorganik tanpa mengurangi kesuburan tanah adalah dengan menggabungkan pupuk anorganik dengan pupuk organik secara proporsional. Menurut Qian *et al.* (2011), penggunaan kombinasi pupuk organik dan anorganik selama 25 tahun dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman padi. Selain itu, El-Sayed *et al.* (2014) menyampaikan bahwa pemberian pupuk kompos yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik dosis 50% dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi umbi tanaman kentang.

2.4.5 LOB (*Liquid Organic Biofertilizer*)

LOB (*Liquid Organic Biofertilizer*) merupakan pupuk organik hayati cair yang dapat memperbaiki lahan pertanian dengan meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah agar lebih produktif kembali. LOB mengandung berbagai jenis mikroorganisme didalamnya (Sutanto, 2018). Beberapa mikroorganismenya adalah *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Azotobacter*, serta fitohormon yang mampu menstimulasi unsur hara makro dan mikro di dalam tanah. Mikroorganisme yang terdapat di dalam LOB dapat memacu pertumbuhan tanaman, menambat nitrogen,

melarutkan fosfat dan menghambat pertumbuhan penyakit tanaman (Kumar *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian Nopriani (2023) pemberian pupuk anorganik yang digabungkan dengan pupuk hayati dapat meningkatkan kandungan unsur hara P dalam tanah. Pada perlakuan 75% pupuk anorganik + 150% pupuk hayati dapat meningkatkan kandungan P dari 16, 20 ppm menjadi 22,19 ppm dengan kategori tinggi. Hal ini dikarenakan terdapat peran bakteri *Pseudomonas* sp. yang dapat melarutkan P melalui proses sekresi asam-asam organik yang akan bereaksi dengan bahan pengikat (penjerap) fosfat sehingga membentuk khelat untuk membebaskan ion fosfat dan menjadi tersedia untuk diserap tanaman (Simanungkalit, 2006).

Hasil penelitian Priambodo (2019) juga melaporkan bahwa penambahan pupuk hayati berpengaruh nyata dalam memperbaiki sifat kimia tanah. Pupuk hayati ini diaplikasikan pada polybag yang ditanami bayam. Setelah panen dilakukan analisis tanah terlihat bahwa pada kontrol didapatkan kandungan unsur hara N dan P, adalah 0,110% (N-total), 110,717 ppm (P-tersedia tanah), berbeda nyata dengan polybag yang diberikan pupuk hayati 20 ml, yaitu 0,137% (N-total) dan 121,324 ppm (P-tersedia tanah). Hal ini dikarenakan terdapat bakteri *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. yang dapat memfiksasi N dari udara. Selain itu terdapat bakteri *Pseudomonas* sp. sebagai pelarut fosfat yang dapat meningkatkan P-tersedia tanah dalam tanah.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan bulan Desember 2023. Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung secara geografis terletak pada $5^{\circ}22' 11.38''$ LS dan $105^{\circ}14' 22.96''$ BT sampai $5^{\circ}21' 58.35''$ LS dan $105^{\circ}14' 43.38''$ BT. Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PT Great Giant Pineapple Lampung Tengah yang secara geografis terletak pada $04^{\circ}49''$ LS dan $105^{\circ}3''$ BT. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

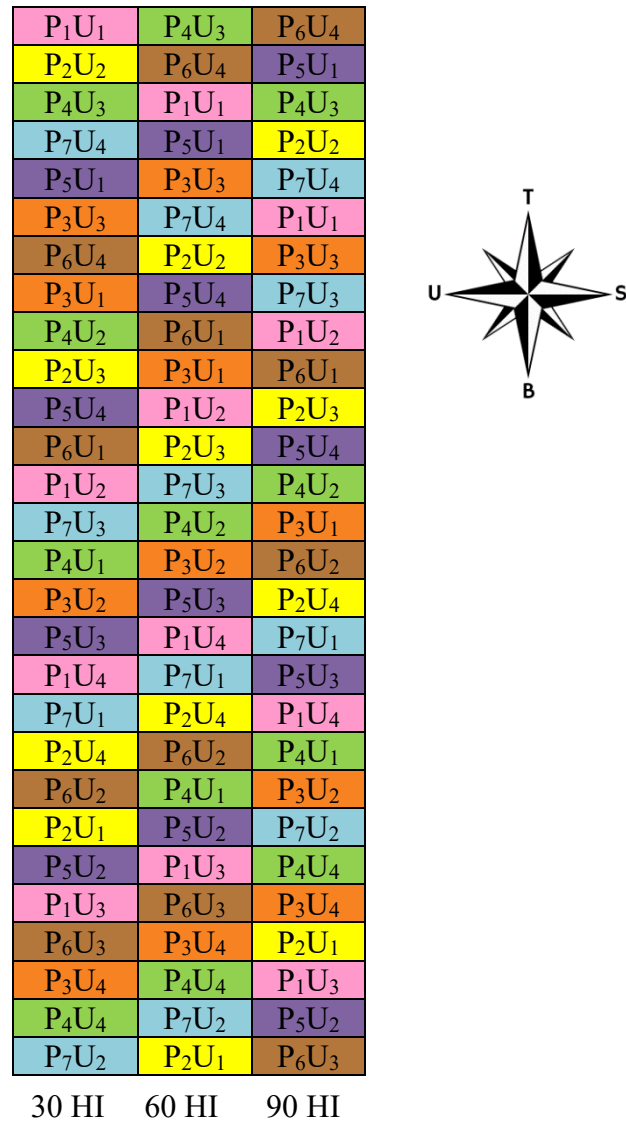
Alat yang digunakan adalah ayakan 2 mm, timbangan digital, buret, shaker, botol kocok, erlenmeyer, kertas saring, pipet tetes, corong, labu ukur, botol plastik 1,5 L, kawat strimin 2 mm, gelas ukur, pH elektrometik, botol film, gelas beaker, Spektrofotometer, kuvet, tabung reaksi, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah dari PT Great Giant Pineapple, pupuk campuran A, pupuk campuran B, pupuk anorganik, KCl, larutan NaF 4%, larutan *phenolphthalin*, larutan NaOH, larutan HCl 0,02 N, aquadest, larutan $K_2Cr_2O_7$, larutan H_2SO_4 , larutan $((NH_4)_2Fe(SO_4)_2)$ 0,5 N, indikator difenilamin, larutan H_3PO_4 .

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 7 perlakuan dan diulang sebanyak 4 kali sehingga didapatkan 84 satuan percobaan. Pada penelitian ini terdapat 3 kali pengambilan sampel tanah di rumah kaca. Pengambilan sampel tanah pertama dilakukan pada bulan Oktober 2023, pengambilan sampel tanah kedua dilakukan pada bulan November 2023, dan pengambilan sampel tanah ketiga dilakukan pada bulan Desember 2023. Pengambilan sampel tanah yang dilakukan secara berulang ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh pupuk campuran pada setiap bulannya terhadap kandungan Al-dd di dalam tanah dan pH tanah. Penelitian ini menggunakan metode inkubasi. Metode inkubasi dilakukan untuk melihat seberapa efektif pupuk yang digunakan dan waktu yang dibutuhkan untuk pupuk tersebut dapat tersedia di dalam tanah (Kharisun *et al.*, 2017).

Tabel 1. Perlakuan Penelitian Pengaruh Pupuk Campuran terhadap Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd tanah) di Lahan Kering Masam

No.	Kode	Keterangan
1.	P ₁	Pupuk Anorganik dan Insektisida (DAP 200 kg ha ⁻¹ , Kieserit 300 kg ha ⁻¹ , KCl 100 kg ha ⁻¹) + (Insektisida :Bifentrin 50 kg ha ⁻¹))
2.	P ₂	Pupuk Campuran A (kompos kotoran sapi 54,3% + pupuk anorganik 40,6% + (air 5,1%)
3.	P ₃	Pupuk Campuran B (1%) (kompos kotoran sapi 49,5% + pupuk anorganik 36% + (LOB 12,5%) + vermikompos 1% dan biochar bambu 1%)
4.	P ₄	Pupuk Campuran B (2%) (kompos kotoran sapi 47,6% + pupuk anorganik 36% + (LOB 12,5%) + vermikompos 2% dan biochar bambu 2 %)
5.	P ₅	Pupuk Campuran B (3%) (kompos kotoran sapi 45,8% + pupuk anorganik 36%) + (LOB 12,5%) + (vermikompos 3 % dan biochar bambu 3 %)
6.	P ₆	Pupuk Campuran B (4%) (kompos kotoran sapi 44% + pupuk anorganik 36%) + (LOB 12,5%) + vermikompos 4 % dan biochar bambu 4 %)
7.	P ₇	Pupuk Campuran B (5%) (kompos kotoran sapi 42% + pupuk anorganik 36% + (LOB 12,5%) + (vermikompos 5 % dan biochar bambu 5%)



Gambar 3. Denah Percobaan di Rumah Kaca

Keterangan :

30 HI : 30 Hari Inkubasi di Bulan Oktober 2023

60 HI : 60 Hari Inkubasi di Bulan November 2023

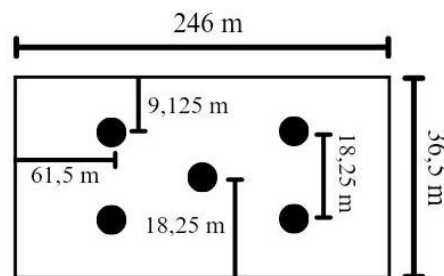
90 HI : 90 Hari Inkubasi di Bulan Desember 2023

- P₁ : Pupuk Anorganik
- P₂ : Pupuk Campuran A
- P₃ : Pupuk Campuran B (1%) (Vermikompos 1% dan Biochar 1%)
- P₄ : Pupuk Campuran B (2%) (Vermikompos 2% dan Biochar 2%)
- P₅ : Pupuk Campuran B (3%) (Vermikompos 3% dan Biochar 3%)
- P₆ : Pupuk Campuran B (4%) (Vermikompos 4% dan Biochar 4%)
- P₇ : Pupuk Campuran B (5%) (Vermikompos 5% dan Biochar 5%)

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah di Lapang

Pengambilan sampel tanah ini dilakukan pada bulan September 2023 dan dilaksanakan di PT Great Giant Pineapple. Tempat pengambilan sampel tanah ini merupakan lahan yang sudah tidak ditanami nanas selama beberapa tahun dan sebelumnya pada lahan ini selalu diberi pupuk anorganik ketika ditanami tanaman nanas. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-10 cm dengan 5 titik berbeda. Sampel tanah ini diambil dengan menggunakan cangkul pada setiap titiknya, kemudian sampel tanah dikumpulkan dari setiap titik dan dilakukan komposit.



Gambar 4. Tata Letak Pengambilan Sampel Tanah

3.4.2. Pengayakan Sampel Tanah

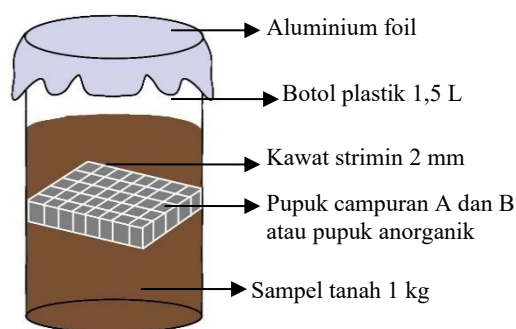
Sampel tanah yang digunakan dikering udarkan terlebih dahulu. Setelah itu, diayak menggunakan ayakan 2 mm, lalu ditimbang sebanyak 1 kg dan dimasukkan ke dalam botol plastik dengan ukuran 1,5 L.

3.4.3. Aplikasi Pupuk pada Sampel Tanah

Pupuk yang diaplikasikan pada penelitian ini terdapat tiga jenis pupuk, yaitu pupuk anorganik (DAP, KCl, Kieserit dan tambahan insektisida dengan jenis Bifentrin), pupuk campuran A, dan pupuk campuran B. Dosis pupuk per hektarnya adalah, DAP (200 kg ha^{-1}), KCl (100 kg ha^{-1}), kieserit (300 kg ha^{-1}) insektisida bifentrin (50 kg ha^{-1}) dan pupuk campuran A dan pupuk campuran B (1.500 kg ha^{-1}). Sehingga jika diaplikasikan pada botol percobaan (per tanaman) dosis pupuknya adalah DAP (2,78 g), KCl (1,39 g), kieserit (4,17 g), insektisida

bifentrin (0,69 g), pupuk campuran A dan pupuk campuran B (21 g).

Pengaplikasian pupuk dilakukan satu kali pada awal penelitian. Pengaplikasian pupuk dilakukan dengan cara sampel tanah yang digunakan dimasukkan terlebih dahulu ke dalam botol percobaan. Kemudian, pupuk dimasukkan ke dalam kawat strimin 2 mm dan dilipat membentuk persegi, setelah itu dimasukkan ke dalam botol yang sudah berisi tanah dengan kedalaman 10 cm. Lalu tanah yang masih tersisa dimasukkan kembali di atas permukaan pupuk. Setelah itu dilakukan inkubasi selama 1 sampai 3 bulan.



Gambar 5. Pengaplikasian Pupuk pada Sampel Tanah

3.4.4. Pemberian Air pada Sampel Tanah

Pemberian air dilakukan setiap satu minggu sekali dengan perhitungan data Kadar Air Kapasitas Lapang (KAKL). Pemberian air ini bertujuan agar kadar air tanah tetap dalam kapasitas lapang. Setelah disiram botol ditutup menggunakan aluminium foil. Kadar Air Kapasitas Lapang akan menggunakan metode Alhricks (Tan, 2005). Metode Alhricks, yaitu metode yang menganggap terjadinya pengisian pipa kapiler oleh air bergerak secara gravitasi. Cara kerja Metode Alhricks adalah mengisi gelas beaker 500 ml dengan pasir kuarsa setinggi 1-2 cm (1/3 gelas beaker). Meletakkan pipa gelas tegak lurus dengan permukaan pasir. Kemudian, mengisi gelas beaker dengan tanah kering udara diameter ± 2 mm sampai 3,5 cm dari tepi atas gelas (2/3). Selanjutnya membasahi lapisan atas tanah dengan air sedalam 2,5-4cm sehingga air tidak membasahi pasir. Menutup gelas pipa dengan plastik wrap dan simpan selama 24 jam. Setelah 24 jam, mengambil contoh tanah dari gelas piala sedalam 2,5 cm dari permukaan dan tetapkan kadar airnya dalam oven pada suhu 105 °C. Tanah yang diambil sebaiknya yang berada

di bagian tengah gelas. Menimbang sampel tanah tersebut (berat tanah kapasitas lapang). Memasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam.

Kemudian masukkan ke desikator pendingin ± 5 menit, lalu timbang beratnya.

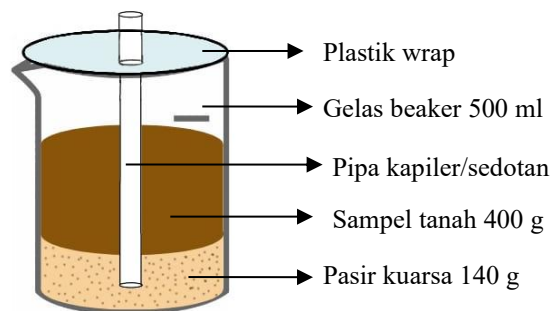
Sehingga diperoleh tanah kering oven.

Perhitungan :

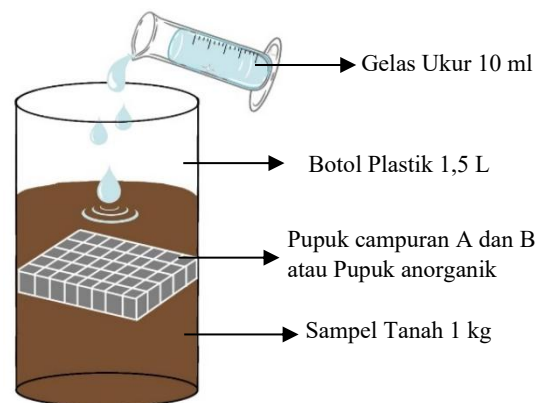
$$\text{Kadar air kapasitas lapang} = \frac{\text{BTKL} - \text{BTKO}}{\text{BTKO}} \times 100\%$$

BTKL = Berat kering kapasitas lapang

BTKO = Berat kering oven



Gambar 6. Metode Alhriks untuk Penetapan Kadar Air Kapasitas Lapang



Gambar 7 Pemberian Air pada Sampel Tanah

3.4.5. Pengambilan Sampel Tanah di Rumah Kaca

Pengambilan sampel tanah di Rumah Kaca dilaksanakan pada setiap bulan yang dimulai dari bulan bulan Oktober 2023, yaitu sampel tanah bulan ke-1, bulan November 2023, yaitu sampel tanah bulan ke-2, dan bulan Desember 2023, yaitu sampel tanah bulan ke-3. Jumlah sampel tanah yang diambil pada setiap bulannya, yaitu sebanyak 28 sampel tanah.

3.4.6. Analisis Sampel Tanah

Sampel tanah yang telah diambil dilakukan analisis Al-dd tanah dengan metode titrimetri (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023), analisis C-organik tanah dengan metode (*Walkley and Black* 1934 dalam Thom, 1991), analisis pH tanah dengan metode elektrometik (Thom, 1991), dan analisis P-tersedia tanah dengan metode *Bray-I* (Thom, 1991).

3.4.7. Analisis Data

Data sampel tanah yang telah didapatkan diuji homogenitas ragam datanya dengan uji Bartlett sedangkan aditivitas data diuji dengan uji Tukey. Setelah asumsi terpenuhi maka data akan diolah dengan Analisis Ragam (Anara) dengan taraf 5%. Kemudian, jika hasilnya nyata maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf 5%. Untuk mengetahui korelasi antara pH tanah, C-organik, P-tersedia tanah dan Al-dd tanah dilakukan uji korelasi.

3.5 Variabel Utama

Variabel utama yang digunakan pada penelitian ini adalah Al-dd tanah dan pH tanah.

3.5.1. Aluminium Dapat Ditukar (Al-dd)

Al-dd tanah ini menggunakan metode titrimetri (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023). Metode ini dilakukan dengan cara menimbang 5,00 g tanah < 2 mm ke dalam botol kocok 100 ml, kemudian ditambahkan 50 ml KCl 1N. Setelah itu, campuran dikocok dengan mesin kocok selama 30 menit, kemudian campuran disaring atau disentrifuse. Selanjutnya ekstrak jernih dipipet 10 ml ke dalam erlenmeyer, tambahkan tetesan indikator PP (*phneolphtalin*) kemudian dititrasi dengan NaOH 0,02 N sampai berubah ke warna merah jambu. Setelah itu, menambahkan sedikit larutan titrasi HCl 0,02 N agar warna merah jambu hilang. Selanjutnya ditambahkan 2 ml NaF 4% (warna ekstrak akan berwarna merah jambu kembali). Kemudian dititrasi dengan HCl

0,02 N sampai warna merah jambu hilang (T). Kemudian, mengerjakan analisis blanko (Tb) dengan tahapan yang sama tetapi tidak menggunakan sampel tanah. Setelah itu dihitung hasil data yang didapatkan.

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Al-dd tanah (cmol kg}^{-1}\text{)} &= (T - Tb) \times N \text{ HCl} \times 50/10 \times 1000/5 \times 10^{-1} \text{ fk} \\ &= (T - Tb) \times N \text{ HCl} \times 100 \times \text{fk} \end{aligned}$$

Keterangan :

T = ml HCl yang digunakan untuk titrasi akhir

Tb = blanko pada ml HCl

N HCl = normalitas HCl

50/10 = konversi dari 10 ml ke 50 ml ekstrak

1000/5 = konversi dari 5 g ke kg sampel tanah

10^{-1} = konversi mmol ke cmol

Faktor koreksi kadar air (fk) = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

3.5.2. pH tanah

pH tanah diukur dengan menggunakan metode elektrometik, yaitu pH meter.

Perbandingan tanah dan aquades 1:2. Tanah yang digunakan adalah tanah kering udara yang lolos ayakan 2 mm. Tanah ditimbang sebanyak 5 g lalu dimasukkan ke dalam botol sampel. Kemudian ditambah dengan 10 ml aquades (larutan pereaksi) dan dikocok selama 30 menit menggunakan mesin kocok (shaker). Kemudian sampel didiamkan dan dilakukan pengukuran dengan pH meter (Thom, 1991).

3.6 Variabel Pendukung

Variabel pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah C-organik tanah, dan P-tersedia tanah.

3.6.1. C-organik Tanah

Analisis C-organik dilakukan dengan metode (*Walkley and Black* 1934, dalam Thom, 1991). Tahapannya adalah menimbang 0,5 g tanah kering udara. Kemudian, masukkan sampel tanah ke dalam erlenmeyer 500 ml, lalu

ditambahkan 5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan pipet sambil menggoyangkan erlenmeyer perlahan-lahan agar berlangsung pencampuran dengan tanah. Selanjutnya, ditambahkan 10 ml H_2SO_4 pekat dengan gelas ukur di ruang asap sambil digoyang cepat hingga tercampur rata, biarkan campuran tersebut di ruang asap selama 30 menit hingga dingin. Setelah larutan dingin, diencerkan dengan 100 ml aquadest, ditambahkan 5 ml asam fosfat pekat (H_3PO_4), larutan NaF 4% sebanyak 2,5 ml dan 5 tetes indikator difenil amin. Selanjutnya dititrasi dengan larutan 0,5 N $((NH_4)_2Fe(SO_4)_2)$ hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh. Lalu dititrasi hingga mencapai titik akhir, yaitu saat warna berubah menjadi hijau terang dan penetapan blanko dilakukan sama seperti cara kerja di atas, tetapi tanpa menggunakan sampel tanah.

Perhitungan :

$$\% \text{ C-organik} = \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times (1 - VS/VB) \times 0,3886 \%}{\text{Berat sampel tanah}}$$

Keterangan:

VB = ml titrasi blanko

VS = ml titrasi sampel

3.6.2 P-tersedia tanah

Variabel pendukung pada penelitian ini adalah P-tersedia tanah, analisis ini menggunakan metode *Bray-I* (Thom, 1991). Metode ini dilakukan dengan cara diletakkan 2 g tanah kering udara ke dalam gelas piala 100 ml. Ditambahkan 20 ml larutan pengestrak. Lalu meletakkannya di atas mesin pengocok selama 10 menit. Selanjutnya mengambil suspensi dari botol kocok kemudian disaring dan dikumpulkan filtratnya dalam gelas piala 100 ml. Setelah itu, memindahkan 5 ml filtrat ke dalam sebuah tabung reaksi. Ditambahkan 10 ml larutan kerja dan diaduk. Setelah 20 menit memindahkan tabung reaksi ke dalam kuvet. Setelah 30 menit dan sebelum 1 jam membaca % T pada spektrofotometer pada gelombang 800 nm dan menggunakan larutan blanko untuk mengatur % T = 100.

Perhitungan :

Data yang didapatkan dari spektrofotometer dalam bentuk transmittan (%T).

$$\text{Absorban} = 2 - \text{Log } (\%T)$$

ppm P dalam larutan = (Absorban – b) / a

$$\text{Kadar P tersedia (ppm)} = \text{ppm P dalam larutan} \times \frac{20}{2} \times \frac{(10+5)}{5}$$

Keterangan :

20 = ml larutan pengekstrak tanah (*Bray-I*)

2 = jumlah (g) sampel tanah yang digunakan

5 = ml ekstrak sampel

10 = ml larutan kerja

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kandungan Al-dd tanah pada aplikasi pupuk campuran A mengalami penurunan dibandingkan dengan pupuk campuran B dan pupuk anorganik pada pengamatan 60 HSI dan 90 HSI sedangkan pada pengamatan 30 HSI aplikasi pupuk anorganik lebih baik menurunkan Al-dd tanah dibandingkan dengan pupuk campuran A dan pupuk campuran B.
2. pH tanah pada aplikasi pupuk campuran A dan pupuk campuran B mengalami peningkatan dibandingkan dengan pupuk anorganik pada pengamatan 30 HSI dan 90 HSI.
3. Pada uji korelasi antara pH tanah terhadap P-tersedia semakin meningkat pH tanah sampai di pH 5,46 maka P-tersedia semakin menurun pada pengamatan 60 HSI.

5.2 Saran

Jika dilakukan penelitian serupa mengenai pengaruh pupuk campuran terhadap kandungan Al-dd tanah dan pH tanah, maka penulis menyarankan untuk waktu inkubasinya dilakukan lebih lama (lebih dari 3 bulan) supaya terlihat dengan jelas pengaruh dari pupuk campuran. Selain itu, pupuk yang digunakan dapat ditambah dosis biochar dan vermikompos agar lebih terlihat pengaruhnya terhadap variabel penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, S.E., dan Suntari, R. 2018. Pengaruh Aplikasi Urea Dan Kompos Terhadap Sifat Kimia Tanah Serta Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays* L.) Pada Tanah Terdampak Erupsi Gunung Kelud. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 5(1):775 – 783.
- Afandi, N. F. 2016. Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik terhadap Sifat Kimia Tanah pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea batatas* L.) di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Amalina, D.A., Yuliyanti, D.P., Putra, R.E., Ni'mah, I.R., dan Azizah, L. 2024. Peran Biochar dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Retensi Air. *Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan* 2(2):1-14.
- Amijaya, M., Pata'dunga, Y., Thana, R. A. 2015. Pengaruh Pupuk Kandang Sapi terhadap Serapan Fosfor dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas Lembah Palu di Entisols Sidera. *e-J. Agrotekbis* 3(2):187-197.
- Atmojo, W. S. 2003. *Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Sebelas Maret University Press. 36 hlm.
- Antonius, S., Rozy, D.S., Yulia N. dan Tirta K.D., 2018. Manfaat Pupuk Organik Hayati, Kompos Dan Biochar pada Pertumbuhan Bawang Merah dan Pengaruhnya terhadap Biokimia Tanah pada Percabaran Pot Menggunakan Tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia* 14(2):243-250.
- Ariyanto, S.E. 2011. Perbaikan kualitas pupuk kandang sapi dan aplikasinya pada tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Strut). *Jurnal Sains dan Teknologi* 4(2):168.
- Ayni. 2021. Kajian Pengaruh Biochar terhadap Ketersediaan Unsur Hara Fe (Besi) pada Tanah Masam. *Skripsi*. Universitas Borneo Tarakan. 71 hlm.

- Baghdadi, A., Halim R.A., Ghasemzadeh A., Ramlan M.F. and Sakimin S. Z. 2018. Impact of organic and inorganic fertilizers on the yield and quality of silage corn intercropped with soybean. *PeerJ*. 44 pages.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 271 hlm.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2013. *Peta Zona Agro-Ekologi Provinsi Lampung Skala 1:250.000*. Edisi 2013. Kementerian Pertanian RI.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik*. SNI 19-7030-2004. Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2015. *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. IAARD Press Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 98 hlm.
- Baroroh, A., Setyono, P., dan Setyaningsih, R. 2015. Analisis Kandungan Unsur Hara Makro dalam Kompos dari Serasah Daun Bambu dan Limbah Padat Pabrik Gula (Blotong). *Bioteknologi* 12(2):46-51.
- Blanco-Canqui, H., Schlegel, J.A. 2013. Implications of Inorganic Fertilization of Irrigated Corn on Soil Properties: Lessons Learned after 50 Years. *Journal of Environmental Quality* 42:861-871.
- Cihacek, L., Augustin, C., Buetow, R., Landblom, D., Alghamdi, R., and Senturklu, S. 2021. What Is Soil Acidity?. *Extending Knowledge NDSU EXTENTION*. North Dakota State University.
- El-Sayed, S.F., Hassan H.A., and El-Mogy M.M. 2014. Impact of Bio-Organic Fertilizers on Potato Yield, Quality and Tuber Weight Loss After Harvest. *Potato Res.* 58:67-81.
- Erfandi, D. 2013. Rehabilitasi Lahan Kering Masam untuk Pengembangan Komoditas Tanaman Kedelai (*Glycine Max*). *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains, dan Teknologi*. Vol 4 : 37-45
- Fitria, U., Zuraida., dan Ilyas. 2018. Pengaruh Pemberian Vermikompos terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa* 3(4):885-896.
- Fujii, K. 2014. Soil Acidification and Adaptations Of Plants and Microorganisms in Bornean Tropical Forests. *Ecological Research* 29(3): 371-381.

- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati Biochar Sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* Vol.4 No.1. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi. Hal 33-48.
- Gundale, M.J., DeLuca, T.H. 2006. Temperature and Substrate Influence the Chemical Properties of Charcoal in The Ponderosa Pine/Douglas-Fir Ecosystem. *Forest Ecology and Management* 231, 86-93.
- Hafif, B. 2014. Keragaan Lahan Sub-Optimal dan Perbaikan Produktivitas Melalui Kebijakan Daerah di Lampung. *Prosiding. Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung*. Hal 7-16.
- Halis, She., Syakur S., dan Darusman D. 2022. Pengaruh Pemberian Serut Bambu dan Biochar Serut Bambu terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 4(7):1035– 1043.
- Hasanudin, Setyowati, N., Sitompul, N.W.S.N., and Muktamar, Z., Barchia, F., Inorah, E. 2021. Vermicompost and Biourine Doses Effect on Soil pH, Shallot Growth, and Yield in Ultisol. *American Journal of Multidisciplinary Research & Development (AJMRD)* 03(09):44-53.
- HillLabs. 2024. https://www.hill-labs.co.nz/media/ygdpo4dm/27168v3_technical-note-soil-aluminium-test-interpretation.pdf. Diakses pada tanggal 1 Oktober 2024.
- Herviyanti, T.B., Prasetyo T., Agita A., dan Alif. 2011. Upaya Pengendalian Keracunan Besi (Fe) dengan Asam Humat dan Pengelolaan Air untuk Meningkatkan Produktivitas Tanah Sawah Bukaak Baru. *Jurnal Tanah dan Iklim* 34:40-47.
- Idaryani, I. A., Wahid. 2019. Efektivitas Pupuk Majemuk SRF NPK 20-6-10 terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung. *Jurnal Agrisistem* 15(2):75-82.
- Indriyati, T.L., Nugroho, B., dan Hazra, F. 2023. Detoksifikasi Aluminium dan Ketersediaan Fosfor dalam Tanah Masam melalui Aplikasi Bahan Organik. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)* 28(1):10-17.
- IPNI. 2016. *4R Plant Nutrition (A Manual for Improving Management of Plant Nutrition)*. International Plant Nutrition Institute. 148 pages.
- Kafisah, 2014. Aplikasi Asam Organik Dan Kompos dari Sisa Tanaman untuk Peningkatan Ketersediaan P pada Ultisol Sulawesi Selatan. *Disertasi*. Universitas Brawijaya. 127 hlm.

- Kasno, A. 2019. Perbaikan Tanah untuk Meningkatkan Efektivitas dan Efisiensi Pemupukan Berimbang dan Produktivitas Lahan Kering Masam. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 13 (1):27-40.
- Kaya, E. 2014. Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk NPK terhadap pH dan K-Tersedia Tanah serta Serapan-K, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza Sativa L*). *Buana Sains* 14(2):113-122.
- Khairunisa, 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik, Anorganik dan Kombinasinya terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Hijau. Fakultas Sains dan Teknologi. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 137 hlm.
- Kharisun, Rif'an, M., Budiono, N.M., and Kurniawan, E. 2017. Development and Testing of Zeolite-Based Slow Release Fertilizer Neo-SR in Water and Soil Media. *Journal of Soil Science and Agroclimatology* 14(2):72-82.
- Kisnieriene, V., and Lapeikaite, I. 2015. When Chemistry Meets Biology: The Case of Aluminium-A Review. *Chemija* 26:148–158.
- Kumar, R., Kumawat N., and Sahu K.Y. 2017. Role of Biofertilizers in Agriculture. *Popular Kheti (Popular Article)* 5(4):63-66.
- Lakitan, B., dan Govar N. 2013. Kebijakan Inovasi Teknologi untuk Pengelolaan Lahan Suboptimal Berkelanjutan. *Seminar Nasional Lahan Sub-optimal*. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
- Lazcano, C., Domínguez J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients* 10(1–23):187.
- Lehmann, J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C and Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biologi & Biochemistry* 43:1812-1836.
- Lestari, A. P. 2009. Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Melalui Substitusi Pupuk Anorganik Dengan Pupuk Organik. *Jurnal Agronomi* 13(1):38 – 44.
- Lestiyani, A., Purnomo E., Widyaningsih S., and Fadillah K. 2023. Investigating the Effect of Bamboo Biochar on Fertile Soil for Improving the Production of *Brassica oleraceace*. *AGRIC*. 35(2):169-180.
- Lisdiyanti, M., Sarifuddin, Guchi, H. 2018. Pengaruh Pemberian Bahan Humat dan Pupuk SP-36 untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor pada Tanah Ultisol. *Jurnal Pertanian Topik* 5(2):192-198.

- Mateus R., Donatus K., Moy L.M. 2017. Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenh Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. *Agrotrop* 7(2):104.
- Mawaddah, I.C., Zuraida., dan Jufri Y. 2023. Aplikasi Beberapa Sumber Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max L.*) pada Ultisol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 8(2):433-443.
- Mindari, W., Sassongko E.P., Syekhfani. 2022. *Asam Humat sebagai Amelioran dan Pupuk*. UPN Veteran Jawa Timur. Surabaya. 85 hlm.
- Monica, A.N., Suswati, D., dan Riduansyah. 2025. Identifikasi Status Hara N, P, K Tanah Di Areal Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat Di Desa Ambarang Kecamatan Ngabang Kabupaten Landak. *Jurnal Sains Pertanian Equator* 30-41.
- Murnita, dan Taher A.Y. 2021. Dampak Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa L.*). *MENARA Ilmu* XV(02):67-76.
- Mulyani, A., Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan suboptimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2: 47-56.
- Muzaiyanah, S., Subandi. 2016. Peranan Bahan Organik dalam Peningkatan Produksi Kedelai dan Ubi Kayu pada Lahan Kering Masam. *Iptek Tanaman Pangan* 11(2):149-158.
- Nadarajan, S., Sukumaran, S. 2020. Chemistry And Toxicology Behind Chemical Fertilizers. In Chapter 12. Ed. Lewu, F.B., Volova, T., Thomas, S., and Rakhimol, K.R. *Controlled Release Fertilizers for Suistainable Agriculture*. Academic Press. 256 pages.
- Nasamsir, Marpaung, R., Hayata, dan Agustin, F. 2023. Pengaruh Pemberian Pupuk Kompos Kotoran Sapi Pada Media Tanam Tanah Ultisol Terhadap Pertumbuhan Bibit Pinang Betara (*Areca catechu L. var. Betara*) di Polibag. *Jurnal Media Pertanian* 8(1):57-63.
- Nurida, L.N., Jubaedah. 2021. Dosis dan Efek Residu Biochar Kulit Buah Kakao dalam Memperbaiki Sifat Tanah dan Meningkatkan Produktivitas Jagung di Lahan Kering Masam Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim* 45(2):145-154.
- Nurjannah. 2018. Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Indigenous Asal Lahan Kering Lombok Utara Secara In-Vitro. *Jurnal Crop Agro*. Repository Universitas Mataram.

- Nursyamsu, A. 2022. Pengaruh Beberapa Sistem Olah Tanah terhadap Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan serta Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* L). *Skripsi*. Universitas Andalas Padang.
- Nuryani, S dan Handayani. 2003. Sifat Kimia Entisol pada Sistem Pertanian Organik. *Jurnal Ilmu Pertanian* 10:63-69.
- Nusantara, A. D., Kusmana, C., Mansur, I., Darusman, L. K., dan Soedarmadi, S. 2010. Pemanfaatan Vermikompos Untuk Produksi Biomassa Legum Penutup Tanah Dan Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 12(1):26–33.
- Nopriani, S.L., Radiananda T.A.Ay.R., dan Kurniawan S. 2023. Pengaruh Aplikasi Pupuk Anorganik dan Hayati terhadap Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan* 10(1):157-163.
- Nopsagiarti, T., Okalia, D., Marlina, G. 2020. Analisis C-Organik, Nitrogen dan C/N Tanah pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Jurnal Agrosains dan Teknologi* 5(1):11-18.
- Obiamaka, O.C. 2011. Effects of Household Compost on the Chemical Properties of Typic Paleudult in Nigeria. *Journal of Soil Science* 5:35-48.
- Okalia, D., Nopsagiarti, T., Marlina, G. 2020. Karakteristik Sifat Kimia Tanah (pH, P-tersedia, P-potensial dan Al-dd) pada Lahan Agrowisata Bekenjaya Kecamatan Benai Kabupaten Kuantan Singingi. *Prosiding Seminar Nasional Virtual* (Sistem Pertanian Terpadu dalam Pemberdayaan Petani). Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Pasaribu, R.N. 2018. Aplikasi Beberapa Bahan Organik dan Lamanya Inkubasi dalam Meningkatkan P-Tersedia Tanah Ultisol. *TALENTA*, 1(2):110-117.
- Priambodo, R.S., Susila D.K., dan Soniari N.N. 2019. Pengaruh Pupuk Hayati dan Pupuk Anorganik terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah serta Hasil Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor*) Di Tanah Inceptisol Desa Pedungan. *Jurnal Tropika* 8(1):149-160.
- Purba, T., Situmeang, R., Mahyati, R. F. H., Arsi, Firgiyanto, R., Junaedi, S. A., Saadah, T. T., Herawati, J. J., dan Suhastyo, A.A. 2021. *Pupuk dan Teknologi Pemupukan*. Yayasan Kita Menulis. 165 hlm.
- Putra, I. Jalil, M. 2015. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Pada Lahan Kering Masam. *Jurnal Agrotek Lestari* 1(1):27-34.
- Putra, A. R. D., Mardiyani S. A., dan Nurhidayati N. 2020. Peran Vermikompos terhadap Morfofisiologi Kangkung Hidrokanik. *Agrotechnology Research Journal* 4(2):70–76.

- Qian, H.H., Mei L.X., Rong L.G., Zhang L.Z., Ren L.Y., Lan H.Y., Hua J.J., Hong S.C., and Quan W.F. 2011. Effect of long-term located organic-inorganic fertilizer application on rice yield and soil fertility in red soil area of China. *Sci. Agri. Sin.* 44:516-523.
- Qian, L., and Chen, B. 2013. Dual Role Of Biochar As Adsorbents For Alumunium: The Effects of Oxygen-Containing Organik Components and Scattering of Silicate Particles. *Environmental Science and Technology*. 47: 8759-8768.
- Rahmi, A., Biantary, P.M. 2014. Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah Lahan Pekarangan dan Lahan Usaha Tani Beberapa Kampung di Kabupaten Kutai Barat. *ZIRAA ' AH* 39(1):30-36.
- Rajmi, L. S., Margarettha., dan Reflianty. 2018. Peningkatan Ketersediaan P Ultisol dengan Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular. *J. Agroecotania* 1(2):42-48.
- Ramadhan, L. M., dan Ali, S. N. N. 2024. Elektrolisis. *Jurnal Ilmu Komputer dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 4(2):106-112.
- Riswandi, Hasanudin., Gusmara H., and Anandyawati. 2020. Soil Quality Engineering Using Vermicompost and its Effect on the Corn (*Zea mays* L.) Production in Coastal Area. *J Trop Soils*. 25(3):127-135.
- Sade, H., Meriga, B., Surapu, V., Gadi, J., Sunita, M.S.L., Suravajhala, P., and Kishor, K.P.B. 2016. Toxicity And Tolerance Of Aluminum In Plants: Tailoring Plants To Suit To Acid Soils. *BioMetals* 29:187–210.
- Sahbudin, Khairullah, dan Sufardi. 2020. Kemasaman Tanah dan Sifat-Sifat Pertukaran Kation pada Mollisols dan Ultisol di Lahan Kering Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 5(3):25-34.
- Sanni, K.O. 2016. Effect of Compost, Cow Dung and NPK 15-15-15 Fertilizer on Growth and Yiesld Performance of Amarant (*Amaranthus hybridus*). *International Journal of Advances in Scientific Research* 2(3):76-82.
- Sanjaya, H.J., Afandi., Afrianti A.N., dan Novpriansyah H. 2016. Pengaruh *Effluent* Sapi terhadap Beberapa Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Lahan Ultisol Di PT Great Giant Pineapple Lampung Tengah. *J. Agrotek Tropika* 4(1):105-110.
- Sari, M. N., Sudarsono dan Darmawan. 2017. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fospor pada TanahTanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*.1(1):65-71.

- Sasmita, A., Elystia, S., Fajri, M. S. 2021. Penyisihan Logam Berat Pb pada Tanah dengan Penambahan Biochar Sekam Padi. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 15(2):268-278.
- Sathyaseelan, N., Kartika, K.S. 2019. Aluminium Toxicity in Soil and Plants. *Harit Dhara Soil Healthy Management : Knowledge* 2(1):15-19. Indian Institute of Soil Science.
- Setiawan, Putu G.I., Niswati A., Hendarto K., dan Yusnaini S. 2015. Pengaruh Dosis Vermikompos terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) dan Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Taman Bogo. *Jurnal Agrotek Tropika* 3(1):170–73.
- Setyorini, E. 2014. Aplikasi Dolomit pada Tanah Masam dengan Berbagai Kandungan C-organik Tanah, Eksplorasi Tingkat Keracunan Aluminium pada Perkebunan Nanas. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. 71 hlm.
- Shetty, R., Prakash B.N. 2020. Effect of Different Biochars on Acid Soil and Growth Parameters of Rice Plants Under Aluminium Toxicity. *Scientific Reports* 10:12249.
- Sidik, S. 2015. Pengaruh Aplikasi Effluent Sapi Eks Chopper terhadap Stabilitas Agregat Tanah pada Lahan Ultisol di PT Great Giant Pineapple Terbanggi Besar Lampung Tengah. *Skripsi*. Universitas Lampung. 42 hlm.
- Simanungkalit, R.D.M., Saraswati, R., Hastuti, R.D. dan Husein, E. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian. Hal 113 - 140.
- Singh, S., Tripathi, K.D., Singh, S., Sharma, S., Dubey, K.N., Chauhan, K.D., and Vaculík, M. 2017. Toxicity Of Aluminium On Various Levels Of Plant Cells And Organism: A Review. *Environmental and Experimental Botany* 137:177–193.
- Siregar, B. 2017. Analisa Kadar C-organik dan Perbandingan C/N Tanah di Lahan Tambak Kelurahan Sicanang Kecamatan Medan Belawan. *Jurnal Warta Edisi* : 53. Universitas Dharmawangsa.
- Siregar, P., Fauzi., dan Supriadi. 2017. Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi* 5(2):256-264.
- Stefani, Y.S., Condro, N., and Pusop, F.N. 2022. Soil PH Value On Agricultural Land Using Cow State Fertilizer. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia (JIPI)* 10(3):178-185.

- Steiner, C., Teixeira W.G., Lehmann J., Nehls T., de Macêdo J.L.V., Blum W.E.H., and Zech W. 2007. Long Term Effects of Manure, Charcoal and Mineral Fertilization on Crop Production and Fertility on A Highly Weathered Central Amazonian Upland Soil. *Plant soil* 291:275-290.
- Sulaeman, Y., Maswar., Erfandi. D. 2017. Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Sifat Kimia Tanah, Dan Hasil Tanaman Jagung Di Lahan Kering Masam. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 20(1):1-12.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Kanisius. Yogyakarta. 208 hlm.
- Sutanto, A., Lubis D. 2018. Zero Waste Management PT Great Giant Pineapple (GGP) Lampung Indonesia. *Prosiding Konferensi Nasional Ke-5*. Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Suwahyono. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya. Jakarta. 124 hlm.
- Syahputra, R., Riajaya, R., P., D, dan Hariyono, B. 2011. Pengujian Efek Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tiga Provenan Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan*. 86-92.
- Syamsiyah, J., Herdiyansyah G., Hartati S., Suntoro S., Widiyanto H., Larasati I., dan Aisyah N. 2023. Pengaruh Substitusi Pupuk Kimia dengan Pupuk Organik terhadap Sifat Kimia dan Produktivitas Jagung Di Alfisol Jumanono. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1):57– 64.
- Tan, K. H. 2005. *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. 2nd Ed CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton, Florida. 672 pages.
- Tan, K.H. 2010. *Principles of Soil Chemistry Fourth Edition*. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton, Florida. 362 pages.
- Thom, W.O., Utomo M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Universitas Lampung, Bandar Lampung. 85 hlm.
- Utami, A.D. 2023. Pemanfaatan Kompos kotoran sapi untuk Memperbaiki Sifat Kimia Ultisol dan Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Trembesi (*Samanea Saman*). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Padang. 75 hlm.
- Wawo, P.V.V. 2018. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Tanah pada Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogea L.*). *AGRICA* 11 (02):153-163.

- Wei Li., Johnson, E. C. 2016. Relationships Among pH, Aluminum Solubility And Aluminum Complexation With Organic Matter In Acid Forest Soils Of The Northeastern United States. *Geoderma* 271:234-242.
- Wilujeng, R. 2018. Perbaikan Produksi Tanaman Jagung pada Tanah Ultisol Menggunakan Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kelapa Sawit. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang. 89 hlm.
- Yuliasaputri, S. 2018. Pengujian Dekomposisi Kultur Murni dan Pengaruh Inokulum Fungi *Geotrichum* sp. pada Proses Pengomposan Serasah Nanas *Ananas comosus* (L.) Merr. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 89 hlm.
- Zainuddin, Zuraida, dan Jufri, Y. 2019. Evaluasi Ketersediaan Unsur Hara Fosfor (P) pada Lahan Sawah Intensif Kecamatan Sukamakmur Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 4(4):603-609.
- Zhang, Y.Y., Wu, W., Liu, H. 2019. Factors Affecting Variations Of Soil pH In Different Horizons In Hilly Regions. *Research Article Plos One* 14(6):1-13.