

**PENGARUH OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN N JANGKA PANJANG
TERHADAP KADAR P TERSEDIA DAN SERAPAN P PADA
BATANG TEBU *PLANT CANE* MASA VEGETATIF MAKSIMUM
DI TANAH ULTISOL**

(Skripsi)

Oleh

**Alaa Sa'ad Alimul Khakim
2114181035**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**PENGARUH OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN N JANGKA PANJANG
TERHADAP KADAR P TERSEDIA DAN SERAPAN P PADA
BATANG TEBU *PLANT CANE* MASA VEGETATIF MAKSIMUM
DI TANAH ULTISOL**

Oleh

Alaa Sa'ad Alimul Khakim

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN N JANGKA PANJANG TERHADAP KADAR P TERSEDIA DAN SERAPAN P PADA BATANG TEBU *PLANT CANE* MASA VEGETATIF MAKSIMUM DI TANAH ULTISOL

Oleh

Alaa Sa'ad Alimul Khakim

Tanah Ultisol umumnya memiliki kandungan Al dan Fe tinggi yang menyebabkan ketersediaan hara Fosfor (P) terikat didalam tanah, namun akumulasi hara dapat terjadi akibat residu pemupukan jangka panjang dan masa bera. Hal ini menyebabkan ketersediaan hara P masih menjadi kendala utama yang perlu di jaga ketersediaan haranya dengan upaya perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan Nitrogen. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen serta interaksinya terhadap P-tersedia dan serapan P batang pada tanaman tebu vegetatif maksimum. Selain itu, juga untuk mengetahui korelasi antara sistem olah tanah dan pemupukan terhadap P-tersedia dan Serapan P batang tanaman tebu. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari dua faktor yaitu sistem olah tanah; Olah Tanah Intensif (T1), Olah Tanah Minimum (T2), dan Tanpa Olah Tanah (T3) serta dosis pemupukan nitrogen; tanpa pemupukan (N0), 150 kg ha⁻¹ (N1), dan 300 kg ha⁻¹ (N2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem olah tanah tidak berpengaruh nyata terhadap P-tersedia dan serapan P, sedangkan pemupukan N jangka panjang berpengaruh sangat nyata terhadap P-tersedia dan tidak berpengaruh nyata terhadap serapan P. Perlakuan pemupukan N dosis 150 kg ha⁻¹ menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan tanpa dosis pemupukan N, tetapi tidak berbeda nyata dengan dosis 300 kg ha⁻¹. Tidak terdapat interaksi antara perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan N jangka panjang terhadap P-tersedia dan serapan P batang tebu masa vegetatif maksimum. Perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan N tidak berkorelasi nyata dengan P-tersedia maupun serapan P, tetapi terdapat korelasi positif antara C-organik dan P-tersedia tanah masa vegetatif maksimum.

Kata Kunci: tanah ultisol, tanpa olah tanah, pemupukan nitrogen jangka panjang, P-tersedia, serapan P dan tanaman tebu

ABSTRACT

THE EFFECT OF SOIL CULTIVATION AND LONG-TERM N FERTILIZATION ON AVAILABLE P LEVELS AND P UPTAKE IN MAXIMUM VEGETATIVE MAJOR SUGAR CANE STEMS IN ULTISOL SOILS

By

Alaa Sa'ad Alimul Khakim

Ultisol soil generally has high Al and Fe content which causes the availability of Phosphorus (P) nutrients to be bound in the soil, but nutrient accumulation can occur due to long-term fertilizer residues and fallow periods. This causes the availability of P nutrients to still be a major obstacle that needs to be maintained by means of soil tillage and Nitrogen fertilization treatment. This study aims to determine the effect of soil tillage and nitrogen fertilization treatment and their interactions on available P and stem P uptake in maximum vegetative sugarcane plants. In addition, it is also to determine the correlation between the soil tillage and fertilization systems on available P and P uptake of sugarcane stems. This study used a Randomized Block Design consisting of two factors, namely the soil tillage system; Intensive Tillage (T1), Minimum Tillage (T2), and No Tillage (T3) and the dose of nitrogen fertilization; without fertilization (N0), 150 kg ha⁻¹ (N1), and 300 kg ha⁻¹ (N2). The results showed that the tillage system had no significant effect on available P and P uptake, while long-term N fertilization had a very significant effect on available P and no significant effect on P uptake. The N fertilization treatment at a dose of 150 kg ha⁻¹ showed the highest yield compared to no N fertilization dose, but was not significantly different from the dose of 300 kg ha⁻¹. There was no interaction between the tillage system treatment and long-term N fertilization on available P and P uptake of sugarcane stalks during the maximum vegetative period. The tillage system treatment and N fertilization were not significantly correlated with available P or P uptake, but there was a positive correlation between organic C and available P in the soil during the maximum vegetative period.

Keywords: *ultisol soil, no tillage, long-term nitrogen fertilization, available phosphorus, phosphorus uptake, and sugarcane.*

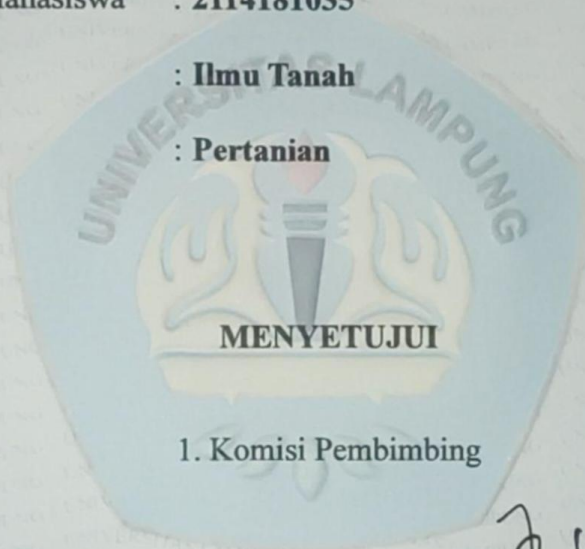
Judul Skripsi : **PENGARUH OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN N JANGKA PANJANG TERHADAP KADAR P-TERSEDIA DAN SERAPAN P PADA BATANG TEBU *PLANT CANE* MASA VEGETATIF MAKSIMUM DI TANAH ULTISOL**

Nama Mahasiswa : *Alaa Sa'ad Alimul Khakim*

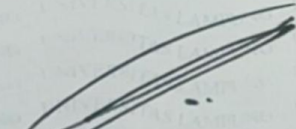
Nomor Pokok Mahasiswa : 2114181035

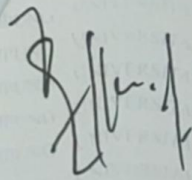
Program Studi : **Ilmu Tanah**

Fakultas : **Pertanian**

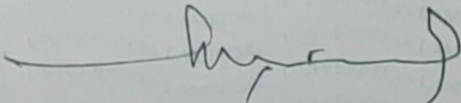


1. Komisi Pembimbing


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


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

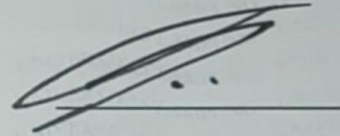
2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah


Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

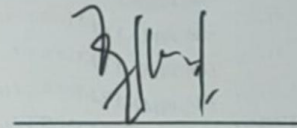
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

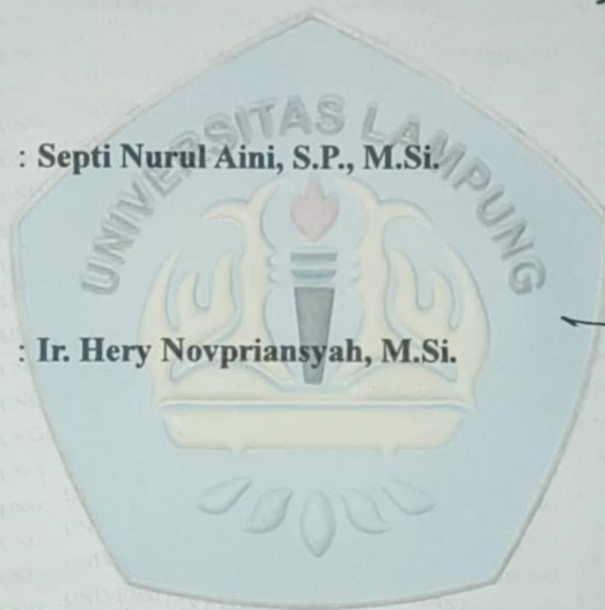
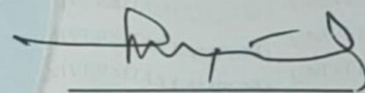
Ketua : **Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc.**



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



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

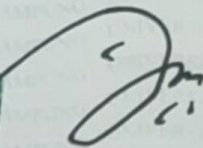


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NID 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 7 Mei 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang Terhadap Kadar P-tersedia dan Serapan P pada Batang Tebu *Plant Cane* masa Vegetatif Maksimum di Tanah Ultisol”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

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

1. Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc.
2. Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.
3. Imra Atil Mardya, S.P., M.P.
4. Christy Nur Cahyani, S.P., M.Si.

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

Bandar Lampung, 7 Mei 2026

Penulis,



Alaa Sa'ad Alimul Khakim
NPM 2114181035

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Lampung Tengah, pada tanggal 7 Juni 2003. Penulis adalah anak kedua dari pasangan Bapak Muhdi dan Ibu Sri Muhayati. Penulis menyelesaikan Pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Islam Terpadu Bustanul Ulum pada tahun 2009, Sekolah Dasar Negeri 5 Lempuyang Bandar pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Way Pengubuan pada tahun 2018 dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Terbanggi Besar pada tahun 2021.

Penulis melanjutkan jenjang pendidikannya sebagai Mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada Januari 2024, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Neki, Kecamatan Banjit, Kabupaten Way Kanan. Pada bulan Juli hingga Agustus 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum di PT. *Great Giant Foods*, Kabupaten Lampung Tengah.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Ilmu Tanah, penulis aktif dalam organisasi internal kampus yaitu Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (Gamatala) sebagai Anggota Bidang Komunikasi dan Informasi periode 2022-2023, dan Anggota Bidang Imperti Forum Studi Islam (FOSI) Fakultas Pertanian periode 2022.

MOTTO

“Then which favors of your Lord will you deny?”

(QS. Ar-Rahman 55 : 13)

“Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama
kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan”

(HR Tirmidzi)

“Tidak masalah apabila berjalan lambat, asalkan tidak pernah berhenti berusaha”

(Confucius)

“No, Allah is angry if you don't worship but have too many demands”

(Aldi Taher)

“Be yourself, not someone else”

(Penulis)

SANWACANA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur tak terhingga penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi berjudul “**Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang Terhadap Kadar P-tersedia dan Serapan P pada Batang Tebu *Plant Cane* masa Vegetatif Maksimum di Tanah Ultisol**” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat utama dalam mencapai gelar Sarjana Pertanian Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa selama proses penyusunan skripsi. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada;

1. Bapak 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 dan pembimbing akademik serta dosen penguji penulis yang telah memberikan saran, kritik dan arahan kepada penulis untuk penyempurnaan skripsi.
3. Ibu Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc. selaku pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, nasihat, motivasi serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam melaksanakan penelitian hingga penulisan skripsi ini.

4. Ibu Septi Nurul Aini, S.P., M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran kepada penulis dalam pelaksanaan analisis hingga penulisan skripsi ini.
5. Bapak dan ibu dosen Universitas Lampung yang terlibat dalam seluruh proses pembelajaran ilmu serta pembentukan karakter bagi penulis dari awal jenjang perkuliahan sarjana hingga akhir.
6. Kedua orang tua saya terkasih, Bapak Muhdi dan Ibu Sri Muhayati yang telah mencurahkan cinta, kasih sayang, dukungan, doa dan selalu memberikan kebahagiaan serta dukungan yang tulus disepanjang hidup penulis.
7. Abang saya Choirul Anam dan adik saya Nazila Arintika Laili yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan study di Universitas Lampung dengan sebaik-baiknya.
8. Faridatul Mumtaza sebagai rekan istimewa yang senantiasa selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Rekan-rekan yang terlibat dalam penelitian dan penulisan skripsi ini; Sam Faizal, Bro Adhy, Kang Fariz, Lae Fadhil, Bro Ozi, Lae Gihon, Bro Naufal, Bung Arya, Mas Agus, Mas Lutfan, Om Mahesa dan segenap lainnya yang memberikan doa, dukungan, nasihat, motivasi serta yang membantu dalam proses eksekusi pengerjaan skripsi.
10. Rekan seperjuangan penelitian khususnya Fariz Arzy dan Fadhil Azmi yang mengajak penulis untuk gabung penelitian Kimia tercinta ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.
11. Rekan-rekan “Wisma Pablo” terkhusus yang telah membagi cerita, tawa dan canda dikala waktu susah dan senang selama di bangku perkuliahan.
12. Seluruh teman-teman seangkatan jurusan Ilmu Tanah 2021 yang senantiasa saling tolong menolong dalam melaksanakan perkuliahan di Universitas Lampung.
13. Team Penelitian TOT 2024 yang luar biasa membantu dan mendukung penulis hingga penelitian dapat terselesaikan dengan baik.
14. Almamater hijau-ku tercinta Universitas Lampung.

15. Serta pihak-pihak yang telah banyak membantu saya dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata kesempurnaan, namun semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca serta memberikan inspirasi bagi semua kalangan, khususnya civitas akademik.

Bandar Lampung, 8 Mei 2026

Penulis,



Alaa Sa'ad Alimul Khakim

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|------------|
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR..... | vi |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan..... | 5 |
| 1.4 Kerangka Pemikiran..... | 5 |
| 1.5 Hipotesis | 9 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 11 |
| 2.1 Tanah Ultisol | 11 |
| 2.2 Peranan Fosfor dalam Metabolisme Tanaman | 12 |
| 2.3 Olah Tanah | 14 |
| 2.4 Pemupukan N | 15 |
| 2.5 Tanaman Tebu | 17 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 19 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 19 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 19 |
| 3.3 Rancangan dan Perlakuan..... | 20 |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian | 20 |
| 3.4.1 Persiapan Lahan..... | 20 |
| 3.4.2 Pengolahan Tanah | 21 |
| 3.4.3 Penanaman | 22 |
| 3.4.4 Pengaplikasian Pupuk..... | 22 |
| 3.4.5 Pemeliharaan Tanaman..... | 23 |
| 3.4.6 Pengambilan Sampel Tanah | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.7 Penentuan Tanaman sebagai Parameter yang Diamati | 23 |
| 3.5 Variabel Pengamatan | 24 |
| 3.6 Percobaan Laboratorium | 24 |
| 3.6.1 Analisis P Tersedia Tanah | 24 |
| 3.6.2 Analisis Serapan P Batang Tebu | 24 |
| 3.7 Taksasi Produksi Tanaman Tebu | 25 |
| 3.8 Analisis Data | 25 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 26 |
| 4.1 Karakteristik Tanah Ultisol Kebun Percobaan Polinela | 26 |
| 4.2 P-Tersedia Tanah Ultisol Masa Vegetatif Maksimum Pertanaman Tebu di Kebun Percobaan Polinela Tahun Ke-37 | 28 |
| 4.3 Serapan P Batang Tebu Masa Vegetatif Maksimum di Kebun Percobaan Polinela Tahun Ke-37 | 30 |
| 4.4 pH dan C-Organik Tanah sebagai Faktor Pendukung Ketersediaan Hara Masa Vegetatif Maksimum di Kebun Percobaan Polinela Tahun Ke-37 | 32 |
| 4.5 Taksasi Produksi Batang Tebu Masa Vegetatif Maksimum di Kebun Percobaan Polinela Tahun Ke-37 | 34 |
| 4.6 Hasil Uji Korelasi antara P-Tersedia dengan Sifat Tanah , Serapan P, dan Taksasi Produksi Masa Vegetatif Maksimum di Kebun Percobaan Polinela Tahun Ke-37 | 36 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN | 39 |
| 5.1 Simpulan..... | 39 |
| 5.2 Saran..... | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA | 40 |
| LAMPIRAN..... | 48 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Hasil analisis sifat kimia tanah..... | 26 |
| 2. Pengaruh perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap P-tersedia tanah masa vegetatif maksimum..... | 29 |
| 3. Uji lanjut pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap P-tersedia tanah masa vegetatif maksimum..... | 30 |
| 4. Pengaruh perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap serapan P batang tanaman tebu masa vegetatif maksimum..... | 31 |
| 5. Pengaruh perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap pH dan C-organik tanah masa vegetatif maksimum..... | 33 |
| 6. Uji korelasi antara P-tersedia dan serapan P dengan pH, C-organik, dan taksasi produksi..... | 37 |
| 7. Hasil analisis pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap P-tersedia tanah fase vegetatif maksimum..... | 49 |
| 8. Hasil uji homogenitas pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap P-tersedia tanah fase vegetatif maksimum..... | 49 |
| 9. Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap P-tersedia tanah tebu fase vegetatif maksimum..... | 50 |
| 10. Hasil analisis pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap serapan P batang tebu fase vegetatif maksimum..... | 50 |
| 11. Hasil uji homogenitas pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap serapan P batang tebu fase vegetatif maksimum..... | 51 |
| 12. Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap serapan P batang tebu fase vegetatif maksimum..... | 51 |

| | |
|--|----|
| 13. Hasil analisis pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap C-organik tanah fase vegetatif maksimum..... | 52 |
| 14. Hasil uji homogenitas pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap C-organik tanah fase vegetatif maksimum | 52 |
| 15. Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap C-organik tanah fase vegetatif maksimum..... | 53 |
| 16. Hasil analisis pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap pH tanah fase vegetatif maksimum | 53 |
| 17. Hasil uji homogenitas pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap pH tanah fase vegetatif maksimum..... | 54 |
| 18. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap pH tanah fase vegetatif maksimum..... | 54 |
| 19. Hasil analisis pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap Taksasi produksi fase vegetatif maksimum | 55 |
| 20. Hasil uji homogenitas pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap Taksasi produksi fase vegetatif maksimum | 55 |
| 21. Perhitungan uji korelasi P-tersedia tanah dengan Taksasi produksi pada fase vegetatif maksimum | 56 |
| 22. Hasil analisis ragam uji korelasi P-tersedia dengan Taksasi produksi pada fase vegetatif maksimum | 56 |
| 23. Perhitungan uji regresi P-tersedia tanah dengan pH tanah pada fase vegetatif maksimum..... | 58 |
| 24. Hasil analisis ragam uji regresi P-tersedia dengan pH tanah pada fase vegetatif maksimum..... | 58 |
| 25. Perhitungan uji regresi P-tersedia tanah dengan C-organik pada fase vegetatif maksimum..... | 59 |
| 26. Hasil analisis ragam uji regresi P-tersedia dengan C-organik pada fase vegetatif maksimum..... | 60 |
| 27. Perhitungan uji regresi P-tersedia dengan Serapan P pada fase vegetatif maksimum..... | 61 |
| 28. Hasil analisis ragam uji regresi P-tersedia dengan Serapan P pada fase vegetatif maksimum..... | 61 |

| | |
|---|----|
| 29. Perhitungan uji regresi Serapan P batang dengan Taksasi produksi pada fase vegetatif maksimum | 62 |
| 30. Hasil analisis ragam uji regresi Serapan P batang tebu dengan Taksasi produksi pada fase vegetatif maksimum | 63 |
| 31. Perhitungan uji regresi Serapan P batang dengan pH tanah pada fase vegetatif maksimum | 64 |
| 32. Hasil analisis ragam uji regresi Serapan P batang tebu dengan pH tanah pada fase vegetatif maksimum | 64 |
| 33. Perhitungan uji regresi Serapan P batang dengan C-organik (%) pada fase vegetatif maksimum | 65 |
| 34. Hasil analisis ragam uji regresi Serapan P batang tebu dengan C-organik (%) pada fase vegetatif maksimum | 66 |
| 35. Pengamatan tinggi batang tebu pada fase vegetatif maksimum 36 MST | 67 |
| 36. Pengamatan jumlah batang tebu tiap petak perlakuan | 67 |
| 37. Pengamatan berdasarkan rata-rata tinggi batang tebu vegetatif maksimum ... | 68 |
| 38. Pengamatan berat batang tebu fase vegetatif maksimum | 69 |
| 39. Perhitungan taksasi produksi tebu fase vegetatif maksimum | 70 |
| 40. Kriteria pH tanah | 71 |
| 41. Kriteria C-organik dan P-tersedia tanah | 71 |
| 42. Interpretasi koefisien korelasi | 71 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Alur kerangka pemikiran | 9 |
| 2. Denah letak percobaan | 21 |
| 3. Model baris tanam tiap petak | 22 |
| 4. Diagram Taksasi Produksi tanaman tebu vegetatif maksimum | 34 |
| 5. Grafik hubungan antara P-tersedia tanah dengan Taksasi produksi | 57 |
| 6. Grafik hubungan antara P-tersedia tanah dengan pH tanah | 59 |
| 7. Grafik hubungan antara P-tersedia tanah dengan C-organik | 60 |
| 8. Grafik hubungan antara P-tersedia dengan Serapan P batang tebu | 62 |
| 9. Grafik hubungan antara Serapan P batang tebu dengan Taksasi produksi | 63 |
| 10. Grafik hubungan antara Serapan P batang tebu dengan pH tanah | 65 |
| 11. Grafik hubungan antara Serapan P batang tebu dengan C-organik (%) | 66 |
| 12. Proses persiapan lahan, pengolahan tanah dan aplikasi pupuk dasar | 72 |
| 13. Penanaman bibit tebu, penyiraman tanaman dengan irigasi dan pengelentekan batang tebu | 72 |
| 14. Pengambilan sampel tanah, pencacahan batang tebu dan preparasi sampel untuk pengovenan | 72 |
| 15. Proses analisis variabel pendukung | 72 |
| 16. Proses analisis P-tersedia | 73 |
| 17. Proses analisis serapan P batang tebu | 73 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu merupakan tanaman penghasil gula yang menjadi salah satu komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia. Komoditas ini menempati posisi keempat sebagai sumber kalori dengan kontribusi sebesar 6,7% setelah padi, pangan hewani, serta minyak dan lemak. Selain itu, tanaman tebu (*Sacharum officinarum* L.) juga merupakan tanaman penting karena menyumbang 86% terhadap produksi gula nasional. Meskipun kontribusinya besar, hal ini juga menunjukkan bahwa produksi gula yang dihasilkan belum mencukupi kebutuhan nasional (Magfiroh dkk., 2017).

Pengembangan lahan kering untuk penanaman tebu di Indonesia sebagian besar terfokus pada jenis tanah Ultisol. Tanah ini merupakan jenis tanah yang umum ditemukan di lahan kering wilayah Indonesia dengan iklim tropis dan pola curah hujan musiman (Eviati dkk., 2017). Tanah ini berpotensi untuk dikembangkan dikarenakan sebarannya yang mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total area tanah Indonesia. Provinsi Lampung merupakan salah satu daerah sentra produksi gula di Indonesia yang memiliki jenis tanah dominan adalah Ultisol. Namun, kesuburan tanah Ultisol tergolong rendah dan sangat ditentukan oleh kandungan bahan organik di lapisan atas tanah (Hilwa dkk., 2020).

Menurut Makarim dkk. (2011), secara alami tanah Ultisol memiliki karakteristik yang kurang menguntungkan bagi tanaman, terutama terkait ketersediaan fosfor (P). Tingkat kemasaman yang tinggi pada tanah Ultisol menjadi penyebab utama rendahnya ketersediaan P. Kemasaman tanah yang tinggi meningkatkan kelarutan aluminium (Al^{3+}) dan besi (Fe^{3+}), yang kemudian bereaksi dengan ion fosfat ($H_2PO_4^-$) membentuk senyawa kompleks yang tidak larut dan tidak dapat diserap

akar tanaman (fiksasi P). Akibatnya, P tidak dapat diserap oleh akar tanaman dan ketersediaan di tanah menjadi rendah. Tingginya kejenuhan aluminium juga bersifat toksik bagi tanaman, merusak sistem perakaran, dan menghambat penyerapan P (Kochian dkk., 2004). Ultisol juga memiliki karakteristik bahan organik rendah dan menyebabkan fosfor mudah terjerap oleh Al^{3+} dan Fe^{3+} menjadi bentuk tidak tersedia bagi tanaman (Brady dan Weil, 2016). Meskipun tanah Ultisol sering dianggap memiliki kandungan hara yang rendah, terutama ketersediaan P tanah, namun dengan pola rotasi tanaman dan masa bera (istirahat lahan) yang dikelola dengan baik dapat menghasilkan akumulasi hara yang berdampak pada peningkatan hara P-tersedia tanah (Suryadi dkk., 2017).

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang membutuhkan asupan hara makro dalam jumlah besar, terutama Fosfor (P). Kebutuhan unsur hara Fosfor pada tanaman tebu berperan penting dalam perkembangan akar tanaman di awal pertumbuhan, pertumbuhan vegetatif, dan pembentukan biomassa batang. Fosfor yang tersedia secara optimal akan mendukung pertumbuhan batang dan daun pada fase vegetatif maksimum, yang merupakan tahap kritis sebelum tanaman memasuki fase pematangan dan akumulasi gula (Kusumawati dkk., 2022). Berdasarkan peneliti terdahulu (awal bera) di kebun percobaan Polinela ini memiliki rentang nilai P-tersedia tanah sedang hingga tinggi dengan komoditas tanaman kacang hijau yang di tanam sebelumnya (Aviva, 2023). Kemudian pada akhir bera nilai P-tersedia meningkat menjadi sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada masa bera, tanah ini mengalami akumulasi P yang dapat memulihkan kesuburan unsur haranya terutama dalam peningkatan ketersediaan P. Melalui proses mineralisasi bahan organik, sisa-sisa tanaman dan gulma yang dibiarkan melapuk selama masa bera akan diurai oleh mikroorganisme, kemudian melepaskan P terikat menjadi bentuk ortofosfat ($H_2PO_4^-$) yang siap diserap tanaman (Indriyati dkk., 2024). Ketersediaan ortofosfat yang tinggi ini secara efektif mengisi kembali cadangan unsur hara tanah, sehingga P-tersedia meningkat di dalam tanah.

Upaya yang dapat dilakukan dalam menjaga stabilitas ketersediaan hara P tanah ini yaitu pengolahan tanah dan pemupukan yang tepat. Pengelolaan tanah yang

tepat adalah salah satu faktor penting untuk mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Sistem olah tanah dapat dibedakan atas olah tanah konservatif atau olah tanah intensif dan olah tanah konservasi (olah tanah minimum dan tanpa olah tanah). Olah tanah konservatif atau intensif (OTI) adalah praktik pengolahan tanah berupa kegiatan pembalikan dan pencacahan tanah dengan menggunakan alat pertanian seperti cangkul dan traktor serta dilakukan pembersihan sisa tanaman serta gulma dari lahan. Jika kegiatan ini dilakukan dalam jangka panjang, olah tanah intensif dapat menurunkan ketersediaan fosfor tanah yang disebabkan laju dekomposisi bahan organik berjalan cepat dan menurunkan kandungan bahan organik tanah. Rendahnya kandungan bahan organik tanah menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah menyerap ion-ion Al dan Fe terlarut pada tanah masam, sehingga fosfor lebih mudah mengalami penjerapan oleh Al dan Fe serta menurunkan ketersediaan fosfor di tanah (Ustiatik dkk., 2024).

Olah tanah minimum (OTM) adalah praktik pengolahan tanah yang dilakukan secara terbatas dan gulma serta sisa-sisa tanaman di permukaan tanah tetap dibiarkan untuk digunakan sebagai mulsa (Brezinscak dan Bagunovic, 2025). Tanpa olah tanah (TOT) merupakan praktik olah tanah yang menghindari gangguan mekanis pada tanah seperti pembajakan dan penggaruan, kecuali saat kegiatan menanam benih atau bibit dan juga memanfaatkan sisa tanaman (mulsa) di permukaan tanah (Jat dkk., 2022). Upaya mengurangi ataupun menghindari adanya pengolahan tanah dapat menurunkan laju dekomposisi bahan organik tanah, sehingga dapat lebih lama mempertahankan keberadaan bahan organik tanah (Joshi dkk., 2025). Upaya penggunaan tutupan mulsa di permukaan tanah pada olah tanah konservasi bertujuan untuk melindungi tanah dari erosi, membantu menjaga kelembaban tanah yang penting bagi pertumbuhan tanaman dan aktivitas mikroorganisme, serta secara alami menekan pertumbuhan gulma. Seiring waktu, dekomposisi sisa-sisa tanaman yang terakumulasi di permukaan tanah dapat meningkatkan dan menjaga kandungan bahan organik tanah yang esensial untuk kesuburan tanah jangka panjang melalui peningkatan retensi hara dan air (Meena dkk., 2024).

Menurut Jat dkk. (2022), sistem olah tanah konservasi efektif dalam meningkatkan dan menjaga ketersediaan fosfor tanah dan mengurangi proses pengikatan fosfor di dalam tanah. Peningkatan ketersediaan fosfor di tanah akan meningkatkan serapan fosfor oleh tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Shen dkk., 2011). Jika praktik olah tanah konservasi dilakukan secara jangka panjang, akumulasi bahan organik di dalam tanah akan terus terjaga dan akan membantu pelepasan fosfor dari bentuk tidak tersedia menjadi bentuk yang mudah diserap oleh tanaman.

Pemberian pupuk nitrogen diketahui dapat berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan fosfor yang siap diserap tanaman. Mekanisme utamanya bermula dari stimulus nitrogen terhadap pertumbuhan sistem perakaran tanaman menjadi lebih luas dan sehat. Perakaran yang berkembang baik meningkatkan kemampuan tanaman untuk menjelajahi volume tanah yang lebih besar untuk menyerap hara fosfor (Fahmi dkk., 2010). Selain itu, akar-akar yang tumbuh subur ini juga secara aktif melepaskan eksudat akar, yaitu asam-asam organik di sekitar rizosfer (Niswati dkk., 2015). Pemberian pupuk nitrogen juga dapat memacu proses dekomposisi bahan organik tanah yang akan menghasilkan asam-asam organik (Afrianti dkk., 2023). Asam-asam organik ini efektif melarutkan fosfor yang sebelumnya terikat kuat pada mineral tanah, sehingga mengubah fosfor dari bentuk tidak tersedia menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman dengan bantuan aktivitas mikroorganisme pelarut fosfat (Niswati dkk., 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perlakuan olah tanah jangka panjang terhadap kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P pada batang tanaman tebu *plant cane* masa vegetatif maksimum?
2. Bagaimana pengaruh pemupukan N jangka panjang terhadap kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P pada batang tanaman tebu *plant cane* masa vegetatif maksimum?

3. Apakah terdapat interaksi antara perlakuan olah tanah dan pemupukan N jangka panjang dalam mempengaruhi kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P pada batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh perlakuan olah tanah terhadap kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P pada batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum.
2. Mengetahui pengaruh pemupukan N jangka panjang terhadap kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P pada batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum.
3. Mengetahui interaksi antara perlakuan olah tanah dan pemupukan N jangka panjang dalam mempengaruhi kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P pada batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum.

1.4 Kerangka Pemikiran

Ultisol merupakan tanah yang mempunyai ciri khas lapisan argilik atau kandik dengan kandungan basa yang sedikit, yakni di bawah 35%. Jenis tanah ini banyak ditemui di daerah dengan curah hujan tinggi. Curah hujan tinggi menyebabkan tingginya intensitas pencucian unsur-unsur basa di tanah (Subowo, 2012) dan berdampak pada peningkatan kemasaman tanah dan deplesi hara makro, terutama P, K, Ca, dan Mg. Selain itu, tanah Ultisol umumnya memiliki kandungan bahan organik rendah yang disebabkan curah hujan tinggi dan mengakibatkan hilangnya bahan organik pada horizon atas (erosi) dan juga suhu yang tinggi mengakibatkan laju dekomposisi bahan organik berjalan cepat. Kemasaman tanah yang tinggi, kandungan hara tanah dan bahan organik yang rendah menyebabkan penurunan kesuburan tanah Ultisol dan berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman (Antonius dkk., 2018).

Menurut Brady dan Weil (2016), kemasaman tanah yang tinggi, konsentrasi Al-dd tinggi, serta kandungan bahan organik rendah pada Ultisol menyebabkan penurunan ketersediaan fosfor bagi tanaman. Ketika pH tanah menurun, khususnya di bawah angka 5,0, ion-ion Al menjadi sangat aktif dan reaktif. Ion- ion ini kemudian berinteraksi dengan ion fosfat (PO_4^{3-}) yang ada dalam larutan tanah, memfiksasi P dan membentuk senyawa aluminium-fosfat yang sukar larut. Kehadiran Al-dd yang melimpah memperburuk fiksasi ini lantaran ketersediaan situs pengikatan fosfor semakin banyak. Menurut Sari dkk. (2017), kandungan bahan organik yang rendah menyebabkan aktivitas organisme tanah menurun, termasuk aktivitas mikroorganisme pelarut fosfat sehingga berpengaruh terhadap rendahnya ketersediaan P di tanah dan serapan P oleh tanaman. Meskipun karakteristik tanah Ultisol memiliki sifat alami untuk mengikat fosfor secara kuat, tetapi pada lahan penelitian ini setelah penanaman kacang hijau (masa bera) mampu meningkatkan kadar P-tersedia hingga sangat tinggi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa sisa tanaman legum dan waktu masa bera memberikan ruang bagi hara untuk pulih dan tersedia kembali bagi tanaman.

Pengolahan tanah intensif merupakan praktik olah tanah yang bertujuan untuk menggemburkan tanah dan juga mencakup pembersihan lahan dari gulma dan sisa tanaman sebelumnya. Praktik ini jika dilakukan secara berulang dapat menyebabkan penurunan kandungan bahan organik tanah dan ketersediaan P tanah. Hal ini dikarenakan dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik atau humus yang berperan penting dalam mencegah fiksasi P oleh aluminium sehingga meningkatkan ketersediaan P di tanah (Habiburrahman dkk., 2018). Bahan organik juga berperan sebagai sumber P organik yang dapat dimineralisasi menjadi bentuk P tersedia bagi tanaman. Lebih lanjut, pembajakan dalam dapat menyebabkan terbentuknya lapisan olah tanah yang padat sehingga menghambat pergerakan akar dan akses akar tanaman menyerap P di lapisan tanah bawah, serta meningkatkan risiko erosi tanah yang membawa P terlarut atau terikat pada partikel tanah (Jambak dkk., 2017).

Berbeda dengan olah tanah intensif, olah tanah minimum (OTM) yang juga melakukan pengolahan tanah namun pengolahan tanahnya dilakukan seminimum mungkin. Pada OTI maupun OTM, keduanya sama-sama dapat menyebabkan kerusakan fisik pada struktur tanah, memecah agregat tanah, mempercepat penguraian bahan organik karena paparan oksigen, serta berpotensi mengakibatkan pemadatan di bawah lapisan tanah dan mengurangi bahan organik tanah dalam jangka pendek hingga menengah. Namun, Kerusakan fisik akibat olah tanah pada OTM lebih rendah dibandingkan OTI karena pengolahan OTM dilakukan secara terbatas. Pemanfaatan gulma dan sisa tanaman sebelumnya sebagai mulsa organik pada OTM semakin menurunkan dampak negatif kerusakan fisik akibat olah tanah (Sari, 2018). Sebaliknya, Penerapan tanpa olah tanah pada tanaman tebu di Indonesia menekankan pada tidak dilakukannya pengolahan tanah dan pemanfaatan gulma dan sisa panen sebagai mulsa organik. Tanpa Olah Tanah (TOT) jauh lebih unggul dalam jangka panjang karena tidak melibatkan gangguan fisik. Strategi ini mengurangi erosi sehingga mendukung penumpukan bahan organik, meningkatkan daya simpan air tanah, serta membentuk struktur tanah yang stabil dengan agregat yang kuat dan pori-pori alami yang baik untuk aerasi dan penyerapan air. Adanya mulsa pada TOT, efektif dalam menjaga kelembaban tanah dan meningkatkan aktivitas organisme tanah yang penting untuk siklus unsur hara dan ketersediaan fosfor (Kusumastuti dkk., 2018).

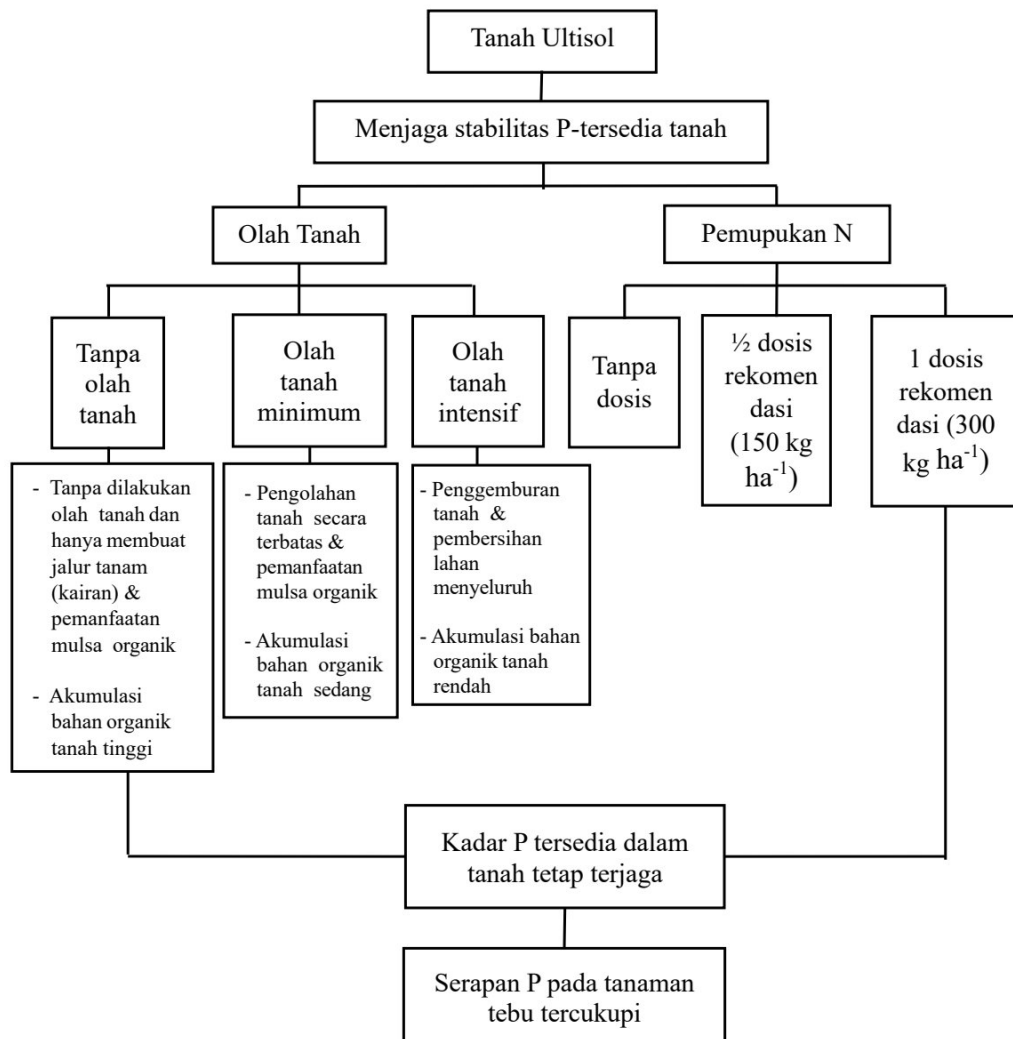
Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan lahan tanpa olah tanah di Indonesia dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan fosfor tanah. Susanti dkk. (2019) juga menyampaikan bahwa perlakuan tanpa olah tanah (TOT) berkontribusi pada peningkatan dan stabilitas ketersediaan fosfor (P) dalam tanah terjaga. Kondisi ini didukung oleh fakta bahwa olah tanah intensif dapat memicu proses oksidasi bahan organik, yang pada gilirannya menurunkan aktivitas mikroorganisme tanah, termasuk bakteri penambat fosfor, serta mengurangi kandungan bahan organik tanah yang berujung pada penurunan kesuburan tanah. Sedangkan TOT justru sebaliknya. Ahadiyat dan Sarjito (2022) menyampaikan bahwa akumulasi bahan organik pada sistem TOT di lahan kering berpotensi meningkatkan ketersediaan P melalui mineralisasi. Peningkatan bahan organik

akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang akan memicu mineralisasi fosfor organik menjadi bentuk anorganik yang tersedia bagi tanaman, serta menghasilkan asam-asam organik yang melarutkan fosfor terikat dalam tanah (Sonia dan Setiawati, 2022). Selain itu menurut Widodo dkk. (2021), TOT dapat memperbaiki karakteristik fisik tanah dan retensi air, yang secara tidak langsung mendukung ketersediaan hara.

Pemupukan nitrogen memegang peranan sangat penting dalam meningkatkan kesuburan tanah. Unsur N tidak hanya merupakan hara esensial tanaman, tetapi juga berperan penting dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik di tanah (Gill dkk., 2021). Pemberian pupuk nitrogen sesuai rekomendasi akan meningkatkan ketersediaan N tanah serta mendukung proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi bahan organik yang optimal dapat mendorong peningkatan ketersediaan P tanah. Sebaliknya, jika pupuk nitrogen diberikan dalam jumlah lebih rendah dari rekomendasi akan menurunkan ketersediaan N tanah, menyebabkan proses dekomposisi bahan organik berjalan lambat, dan hara P di tanah akan mudah hilang akibat leaching (Nariratih dkk., 2013). Dosis pupuk rekomendasi untuk tanaman tebu berdasarkan acuan Husnain dkk. (2021) meliputi penggunaan TSP sebanyak 350 kg ha^{-1} , KCl sebanyak 300 kg ha^{-1} , dan urea sebanyak 300 kg ha^{-1} .

Widarti dkk. (2015) menyampaikan bahwa kandungan bahan organik dan nitrogen di tanah akan mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik tanah. Hal ini disebabkan karena mikroorganisme pengurai yang bertanggung jawab atas proses dekomposisi bahan organik membutuhkan nitrogen untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Saat bahan organik terurai akan menghasilkan asam-asam organik yang berdampaknya terhadap peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Peningkatan KTK ini menguntungkan karena tanah dengan KTK tinggi maka akan meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfor di tanah sehingga mudah diserap tanaman (Tānase dkk., 2022).

Alur kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur kerangka pemikiran

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, maka diperoleh hipotesis sebagai berikut:

1. Perlakuan tanpa olah tanah (TOT) mampu menjaga stabilitas kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum.
2. Pemupukan N dengan 1 dosis rekomendasi mampu menjaga stabilitas kadar P tersedia tanah Ultisol dan serapan P batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum.

3. Terdapat pengaruh interaksi antara perlakuan tanpa olah tanah dan pemupukan N 1 dosis rekomendasi terhadap stabilitas P tersedia tanah Ultisol dan serapan P batang tanaman tebu *plant cane* vegetatif maksimum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Ultisol

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang mendominasi wilayah tropis, termasuk di Indonesia. Tanah Ultisol juga merupakan salah satu ordo tanah yang terbentuk melalui proses pelapukan tingkat lanjut (*advanced weathering*) dan pencucian unsur hara (*leaching*) yang intensif di bawah pengaruh iklim tropis dengan curah hujan tinggi. Secara pedologis, karakteristik utama tanah ini adalah adanya horison argilik, yaitu lapisan bawah permukaan yang mengalami akumulasi liat akibat proses iluviasi dari lapisan atasnya. Proses pencucian yang berlangsung secara terus-menerus menyebabkan tanah ini kehilangan sebagian besar basa-basa dapat tukar seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), dan natrium (Na), sehingga menghasilkan profil tanah dengan tingkat kesuburan alami yang rendah dan kejenuhan basa yang kurang dari 35% (Subagyo dkk., 2000).

Kendala utama dalam pemanfaatan Ultisol untuk lahan pertanian adalah derajat keasaman tanah (pH) yang sangat tinggi atau masam, yang umumnya berada pada kisaran 4,0 hingga 5,5. Kondisi masam ini dipicu oleh dominasi ion hidrogen (H^+) dan kelarutan aluminium (Al) yang berada pada tingkat toksik atau beracun bagi perakaran tanaman. Aluminium yang terlarut dalam bentuk ion Al^{3+} tidak hanya menghambat perpanjangan akar, tetapi juga bertindak sebagai agen fiksasi utama terhadap unsur hara esensial. Hal ini menyebabkan Ultisol sering kali mengalami defisiensi hara makro yang kronis, meskipun secara total kandungan mineral di dalam tanah tersebut mungkin tampak mencukupi (Yuniar dkk., 2023).

Secara mineralogi, Ultisol didominasi oleh mineral liat tipe 1:1 seperti kaolinit serta diperkaya oleh kandungan oksida-oksida besi (Fe) dan aluminium (Al) seperti hematit dan goetit. Keberadaan mineral-mineral ini memberikan kapasitas jerapan yang sangat tinggi terhadap ion fosfat dalam larutan tanah. Sifat reaktif dari oksida Fe dan Al menyebabkan ion fosfat terikat sangat kuat melalui mekanisme pertukaran ligan, membentuk senyawa kompleks yang tidak larut air. Oleh karena itu, pengelolaan tanah Ultisol memerlukan pendekatan khusus seperti pengapuran untuk meningkatkan pH dan aplikasi bahan organik guna menekan aktivitas Al reaktif, sehingga efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman dapat ditingkatkan (Jayadi dkk., 2023).

2.2 Peranan Fosfor dalam Metabolisme Tanaman

Fosfor (P) adalah unsur hara esensial yang sangat penting, tetapi ketersediaannya di tanah Ultisol seringkali menjadi tantangan besar. Tanaman sangat memerlukan fosfor untuk tumbuh dengan baik. Sumber utamanya berasal dari pelapukan batuan dan mineral primer, khususnya mineral apatit (misalnya fluor-apatit, klor-apatit, dan hidroksi-apatit). Proses pelapukan ini secara bertahap melepaskan ion fosfat anorganik ke dalam tanah. Mineral apatit sendiri merupakan sumber daya alam tak terbarukan yang secara alami menjadi fondasi esensial fosfor di tanah, namun karena sifat pelapukannya yang lambat dan batuan induk yang terbatas, pemenuhan kebutuhan P sangat bergantung pada pengelolaan praktik budidaya (Jayadi dkk., 2022). Fosfor juga termasuk dalam kelompok nutrisi makro yang jumlahnya harus banyak dalam tanaman. Setelah nitrogen dan kalium, fosfor adalah nutrisi makro yang paling banyak dibutuhkan. Fosfor berperan penting dalam mengaktifkan berbagai enzim yang membantu tanaman melakukan berbagai aktivitas, seperti menghasilkan energi (Firniasari, 2018).

Ketersediaan P sangat bergantung pada pH tanah, dengan kondisi optimal pada rentang pH 6,0–7,0. Namun, tantangan signifikan muncul pada tanah Ultisol di Indonesia, yang dicirikan oleh kemasaman tinggi (pH rendah), kandungan bahan organik rendah, dan dominasi mineral liat kaolinit (Subagyo dkk., 2000). Kondisi masam ini meningkatkan kelarutan ion Aluminium (Al) dan Besi (Fe), yang

sangat reaktif dalam memfiksasi ion ortofosfat (H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-}) menjadi senyawa Al-fosfat dan Fe-fosfat yang sukar larut, sehingga P tidak dapat diakses tanaman. Untuk mengatasi fiksasi ini dan meningkatkan efisiensi serapan P, strategi pengelolaan Ultisol meliputi pengapuran, penambahan bahan organik, dan aplikasi mikroorganisme pelarut fosfat (Yuniar dkk., 2023). Penerapan sistem pengolahan tanah dan pemupukan nitrogen (N) jangka panjang secara tidak langsung memengaruhi transformasi kimia P di dalam profil tanah. Penggunaan sistem olah tanah konservasi, berperan dalam mempertahankan struktur tanah dan porositas yang mendukung mekanisme difusi ion fosfat menuju permukaan perakaran (Athallah dan Pambudi, 2022). Selain itu, aplikasi pupuk N berbasis amonium secara terus-menerus dalam jangka waktu lama dapat memicu asidifikasi tanah. Penurunan pH tanah ini meningkatkan kelarutan ion Aluminium (Al) dan Besi (Fe) reaktif yang secara langsung memfiksasi ion ortofosfat (H_2PO_4^-) menjadi senyawa Al-P atau Fe-P yang sukar larut. Fenomena ini menyebabkan efisiensi pemupukan P menjadi rendah karena sebagian besar hara terikat oleh kompleks jerapan tanah sebelum sempat diserap oleh tanaman (Daryanti dkk., 2024).

Selain rentang pH tanah yang optimal, bahan organik tanah juga merupakan sumber P organik yang dapat mengalami mineralisasi menjadi bentuk tersedia, dan asam-asam organik yang dilepaskan dari dekomposisinya mampu mengurangi fiksasi P oleh Al dan Fe (Sari dkk., 2017). Lebih lanjut, aktivitas mikroorganisme tanah sangat vital dalam meningkatkan ketersediaan P. Bakteri pelarut fosfat (BPF) dan jamur mikoriza, misalnya, memiliki kemampuan untuk melarutkan P yang terfiksasi dengan memproduksi asam organik dan enzim fosfatase (Shakila dkk., 2024). Jenis dan kandungan mineral liat juga turut memengaruhi, di mana mineral liat yang kaya Al dan Fe oksida/hidroksida memiliki kapasitas jerapan P yang tinggi (Jayadi dkk., 2023). Faktor fisik seperti aerasi dan kelembaban tanah yang optimal mendukung aktivitas mikroba dan pertumbuhan akar, sehingga memfasilitasi penyerapan P oleh tanaman (Athallah dan Pambudi, 2022).

2.3 Olah Tanah

Pengolahan tanah merupakan tindakan mekanis terhadap struktur tanah yang krusial untuk menciptakan lingkungan pertumbuhan tanaman yang ideal. Tindakan ini bertujuan memodifikasi karakteristik fisik tanah, terutama terkait tingkat porositasnya, yang secara langsung meregulasi sirkulasi udara (aerasi) dan tata kelola air (drainase). Menurut Afrianti dkk. (2023), pengaturan ruang pori yang tepat melalui pengolahan tanah dapat menstimulasi aktivitas biologis di dalam tanah, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap peningkatan hasil panen secara keseluruhan. Tanpa manipulasi fisik yang tepat, kepadatan tanah dapat menghambat distribusi oksigen dan pergerakan akar, sehingga menghambat potensi produktivitas lahan.

Meskipun bertujuan untuk menyuburkan, praktik olah tanah intensif yang dilakukan secara terus-menerus sering kali memicu ketidakseimbangan ekosistem bawah tanah. Pengolahan mekanis yang agresif cenderung mempercepat hilangnya lapisan mulsa alami dan memicu degradasi struktur tanah, yang berujung pada peningkatan laju erosi serta merosotnya cadangan bahan organik (Araujo dkk., 2016). Secara kimiawi, aerasi yang berlebihan memang mampu memicu pelepasan fosfor (P) melalui dekomposisi cepat bahan organik, namun fenomena ini bersifat sementara. Dalam jangka panjang, hilangnya stabilitas bahan organik justru melemahkan kapasitas tanah dalam mengikat air dan nutrisi, sehingga efektivitas penyediaan unsur P akan menurun drastis dan mengancam keberlanjutan usaha tani (Hobbs dkk., 2008).

Sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, sistem olah tanah konservasi mengedepankan mekanisme biologis untuk menjaga kesuburan lahan. Dengan membatasi gangguan fisik dan mempertahankan minimal 30% sisa tanaman di permukaan, sistem ini memfasilitasi aktivitas makro dan mikroorganisme tanah, seperti cacing dan jamur mikoriza, untuk menggemburkan tanah secara alami (Swibawa dkk., 2015). Penerapan sistem Olah Tanah Minimum (OTM) bertujuan membatasi intensitas mekanisasi guna mempertahankan keberadaan residu organik di permukaan tanah sebagai mulsa alami. Meskipun OTM mampu meningkatkan ketersediaan hara pada fase awal pertumbuhan melalui mineralisasi

yang terkendali, akumulasi bahan organik jangka panjang pada sistem ini sering kali tidak seoptimal sistem Tanpa Olah Tanah (TOT). Hal ini disebabkan oleh minimnya gangguan struktur tanah pada sistem TOT yang memungkinkan pembentukan cadangan karbon dan siklus nutrisi berlangsung secara lebih stabil dan berkelanjutan (Andita dkk., 2019).

Perbedaan intensitas pengolahan tanah ini pada akhirnya menentukan efisiensi serapan fosfor (P) serta kualitas pertumbuhan tanaman secara umum. Pada sistem konservasi dan TOT, stabilitas struktur tanah memungkinkan perakaran berkembang lebih luas dan menjangkau ketersediaan P yang lebih stabil di lapisan organik. Sebaliknya, pada tanah yang diolah secara intensif, ketersediaan hara yang melimpah di awal musim sering kali diikuti dengan pemadatan tanah di musim berikutnya, yang justru menghambat serapan nutrisi oleh akar. Oleh karena itu, penerapan sistem tanpa olah tanah terbukti lebih unggul dalam menjaga produktivitas jangka panjang, karena mampu menyeimbangkan kebutuhan nutrisi tanaman dengan pemeliharaan kualitas fisik dan kimia tanah secara permanen (Sharma dkk., 2022).

2.4 Pemupukan N

Nitrogen (N) merupakan elemen kehidupan yang memegang peranan paling penting dalam siklus pertumbuhan tanaman. Sebagai penyusun utama klorofil dan protein, ketersediaan N menentukan seberapa hijau daun tanaman dan seberapa efektif proses fotosintesis berlangsung. Di dalam tanah, nitrogen bergerak secara dinamis melalui sebuah siklus alami yang melibatkan perubahan bentuk dari materi organik menjadi amonium dan nitrat yang siap diserap akar. Selain sebagai unsur hara utama, nitrogen berfungsi sebagai katalis dalam proses dekomposisi bahan organik melalui peningkatan aktivitas biologis tanah. Proses penguraian ini menjadi kunci pembuka bagi kesehatan tanah secara menyeluruh, karena semakin cepat bahan organik terurai, semakin baik juga struktur tanah dalam menjalankan fungsinya (Gill dkk., 2021).

Dalam praktik pertanian modern, Urea sering kali menjadi pilihan utama sumber nitrogen karena sifatnya yang sangat mudah larut dan bereaksi cepat dalam menyediakan nutrisi. Namun, manfaat pemupukan nitrogen yang berkelanjutan ternyata jauh lebih luas daripada sekadar pertumbuhan vegetatif. Pemberian N yang terukur, terutama jika dipadukan dengan bahan organik, mampu meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah yaitu sebuah kemampuan tanah untuk menyimpan nutrisi agar tidak mudah hilang terbawa air. Bahkan pada lahan masam, aplikasi nitrogen yang tepat dapat membantu menekan kadar aluminium (Al³⁺) yang bersifat racun bagi akar, sekaligus menstabilkan kondisi kimiawi tanah (Andita dkk., 2019; Tānase dkk., 2022).

Hubungan yang berkaitan antara nitrogen dan fosfor menciptakan efek berkelanjutan yang menguntungkan bagi hasil pertanian. Saat pasokan nitrogen mencukupi, tanaman cenderung mengembangkan struktur perakaran yang lebih masif dan kokoh. Sistem akar yang ekstensif ini memungkinkan tanaman mengeksplorasi lapisan tanah yang lebih dalam untuk menjangkau sumber air dan menyerap fosfor secara lebih efisien, yang pada akhirnya memicu pertumbuhan biomassa secara maksimal. Sharma dkk. (2022) memperkuat argumen ini dengan menunjukkan bahwa kombinasi manajemen pemupukan dan pemanfaatan residu tanaman secara efektif dapat meningkatkan kualitas agregat tanah sekaligus menjaga stabilitas nutrisi dalam jangka panjang. Dengan menguasai interaksi hara ini, strategi pemupukan dapat dirancang menjadi lebih presisi. Hal ini tidak hanya bertujuan untuk mengejar target produksi jangka pendek, tetapi juga sebagai langkah jangka panjang dalam memelihara kelestarian dan kesehatan ekosistem tanah untuk masa depan.

Aspek kimia tanah yang sangat krusial melibatkan interaksi antara nitrogen dan ketersediaan Fosfor (P). Secara tidak langsung, keberadaan nitrogen bertindak sebagai pemacu bagi mikroorganisme tanah dan enzim fosfatase untuk beraktivitas lebih intensif. Mikroba ini berperan layaknya "agen pengurai alami" yang melepaskan ikatan fosfor dari senyawa organik, kemudian mengonversinya menjadi bentuk anorganik yang siap diserap oleh akar tanaman.

Selain itu, proses dekomposisi bahan organik yang didorong oleh suplai nitrogen menghasilkan senyawa antara yang mampu melakukan proses pengkhelatan (penjeratan). Senyawa ini membungkus unsur aluminium dan besi, dua elemen yang sering kali mengikat fosfor secara permanen pada kondisi tanah masam. Melalui mekanisme perlindungan ini, fosfor yang sebelumnya terfiksasi dan tidak dapat dimanfaatkan menjadi terlepas ke dalam larutan tanah, sehingga ketersediaannya bagi tanaman meningkat secara signifikan (Guo dkk., 2010).

2.5 Tanaman Tebu

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) adalah spesies herba perennial dari famili Poaceae yang memiliki nilai ekonomis tinggi sebagai komoditas strategis global. Secara taksonomi, tanaman ini merupakan tanaman C4 yang sangat efisien dalam melakukan fotosintesis di bawah intensitas cahaya tinggi. Morfologi tebu dicirikan oleh batang yang kokoh dan beruas-ruas (*nodes* dan *internodes*), di mana bagian dalam batang tersebut menyimpan nira dengan kadar sukrosa tinggi sebagai cadangan energi. Selain sebagai bahan baku utama gula dan asam glutamat, potensi tebu kini meluas sebagai sumber energi terbarukan melalui produksi bioetanol dari hasil samping seperti molase dan bagas (Nurchahyo dkk., 2018; Setiawan dkk., 2018).

Dalam siklus hidupnya, tebu melewati empat fase pertumbuhan utama: fase perkecambahan (0–1 bulan), fase pertunasan (*tillering*) (1,5–4 bulan), fase pemanjangan batang atau vegetatif maksimum (4–9 bulan), dan fase kemasakan (9–12 bulan). Fase vegetatif maksimum merupakan periode kunci bagi produktivitas karena pada tahap ini terjadi pembentukan ruas-ruas batang secara masif. Keberhasilan pada fase ini sangat menentukan kapasitas tampung sukrosa; jika pertumbuhan vegetatif terhambat, maka jumlah ruas dan diameter batang yang dihasilkan akan menurun, yang secara langsung membatasi akumulasi gula pada fase berikutnya (Indrawati dkk., 2017). Pertumbuhan yang optimal hanya dapat tercapai jika syarat tumbuh terpenuhi secara ideal. Tebu memerlukan iklim tropis atau subtropis dengan suhu rata-rata 24–30°C dan curah hujan antara 1.500–2.500 mm per tahun dengan distribusi yang merata. Intensitas cahaya

matahari yang tinggi sangat diperlukan untuk mendukung laju fotosintesis maksimal. Menurut Fauzi dkk. (2020), kondisi tanah yang ideal untuk tebu adalah tanah yang gembur dengan drainase yang baik, memiliki pH netral (sekitar 6–7), serta kemampuan retensi air yang cukup namun tidak tergenang, karena genangan air dapat menghambat respirasi akar.

Dalam sistem budidaya, penelitian ini memfokuskan pada penggunaan bibit *plant cane* (tanaman pertama). *Plant cane* adalah tahap awal yang sangat krusial karena merupakan fondasi bagi produktivitas tanaman pada musim berikutnya (*ratoon cane*). Keberhasilan budidaya *plant cane* sangat bergantung pada manajemen pra-tanam, termasuk pengolahan tanah yang dalam untuk memfasilitasi perkembangan akar serabut, pemilihan varietas unggul yang sesuai dengan tipologi lahan, serta aplikasi pemupukan yang presisi sesuai kebutuhan hara tanaman (Putra dkk., 2019). Strategi manajemen ini menjadi prasyarat utama bagi tanaman untuk menghadapi fase vegetatif maksimum, yaitu periode pertumbuhan biomassa tercepat yang ditandai dengan penambahan tinggi batang dan luas daun secara signifikan. Pada fase kritis ini, kebutuhan hara mencapai titik tertinggi, terutama unsur Fosfor (P) yang berperan penting dalam transfer energi seluler dan pembelahan sel guna mendukung struktur tajuk yang kuat. Melalui sinkronisasi antara penyediaan hara yang tepat dan pemeliharaan yang intensif, tanaman diharapkan mampu mencapai potensi genetik maksimal dalam mengakumulasi rendemen sukrosa yang tinggi saat memasuki fase kemasakan nantinya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di lahan Politeknik Negeri Lampung dengan penerapan olah tanah konservasi dan perlakuan pemupukan N jangka panjang. Lahan Tanpa Olah Tanah (TOT) merupakan lahan penelitian berkelanjutan yang dimulai dari tahun 1987 hingga saat ini. Tahun 1987-2022 pola penanaman rotasi dilakukan secara berkala tiap musim tanam dengan komoditas tanaman legum (kacang-kacangan), padi dan jagung. Pada tahun 1997, 2002, 2017, dan 2023 dilakukan *fallow period* (masa bera) terhadap lahan yang bertujuan untuk memulihkan dan meningkatkan daya dukung serta kesuburan tanah secara alami. Selanjutnya pada tahun 2024 atau musim tanam ke-38 ini ditanam dengan tanaman tebu. Lokasi percobaan berada pada 105°13'45,5"- 105°13'48,0"BT dan 05°21'19,6-05°21'19,7"LS. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2024 hingga Juni 2025, sedangkan analisis tanah dan tanaman akan dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah meteran, cangkul, golok, selang air, ayakan 2 mm, ember, timbangan digital, oven, pipet tetes, pH meter, kertas saring, gelas piala, kuvet, gelas beaker, gelas ukur, botol semprot, tabung reaksi, corong, shaker, spektrofotometer, botol kocok, label, dan neraca analitik.

Kemudian bahan yang digunakan adalah bibit tebu, pupuk NPK tunggal, pupuk kandang ayam, 2 gram sampel tanah, larutan pengestrak Bray 1, larutan standar P, NH₄F 1N (ammonium fluorida), HCl 0,5N, (NH₄)₂MoO₄ (pereaksi ammonium molibdat), larutan kerja (asam molibdat dan askorbat) dan aquades.

3.3 Rancangan dan Perlakuan

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu terdiri dari 6 (enam) kombinasi perlakuan dan 3 (tiga) ulangan.

F1: Pemupukan N0 = Tanpa pupuk, N1 = $\frac{1}{2}$ dosis (150 kg Urea ha⁻¹), N2 = 1 dosis (300 kg Urea ha⁻¹). F2: Olah tanah T1 = Olah Tanah Intensif (OTI), T2 = Olah Tanah Minimum (OTM), dan T3 = Tanpa Olah Tanah (TOT).

Berdasarkan kedua faktor perlakuan tersebut, maka diperoleh sembilan kombinasi perlakuan sebagai berikut:

N0T1 = Tanpa pupuk+olah tanah intensif

N0T2 = Tanpa pupuk+olah tanah minimum

N0T3 = Tanpa pupuk+tanpa olah tanah

N1T1 = Urea 150 kg N ha⁻¹ + olah tanah intensif

N1T2 = Urea 150 kg N ha⁻¹ + olah tanah minimum

N1T3 = Urea 150 kg N ha⁻¹ + tanpa olah tanah

N2T1 = Urea 300 kg N ha⁻¹ + olah tanah intensif

N2T2 = Urea 300 kg N ha⁻¹ + olah tanah minimum

N2T3 = Urea 300 kg N ha⁻¹ + tanpa olah tanah

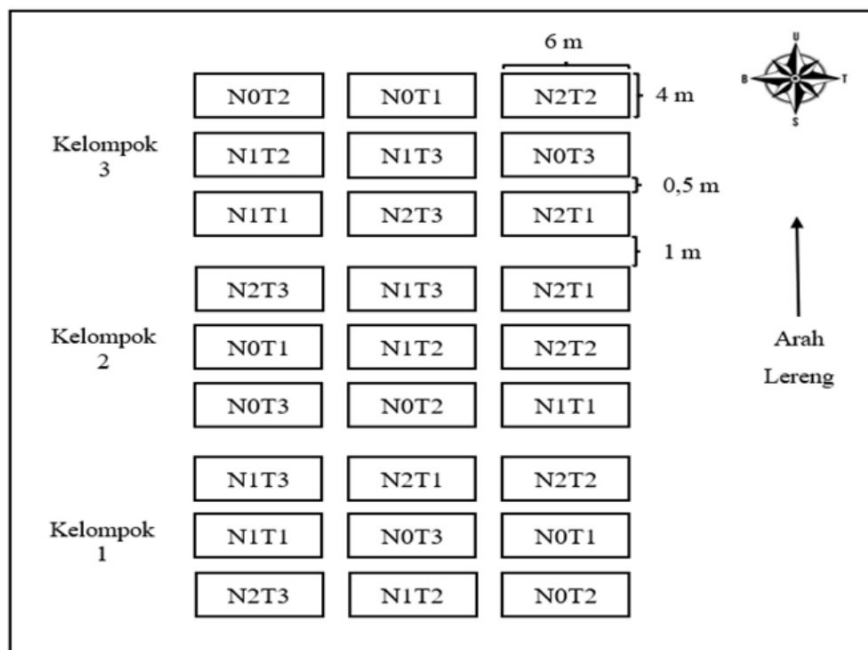
Dari kesembilan kombinasi tersebut diulang sebanyak 3, dan menghasilkan 27 petak percobaan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Lahan

Kegiatan yang dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian, yaitu pengukuran lahan, dan pembuatan plot. Plot percobaan dirancang secara kelompok dengan 9 perlakuan, dan 3 ulangan. Lahan dibagi menjadi 27 petak percobaan dengan ukuran tiap petaknya 6x4 m² dan jarak antar petakan yaitu 0,5 m².

Tata letak petak percobaan di lahan percobaan Politeknik Negeri Lampung dapat dilihat pada Gambar 2.



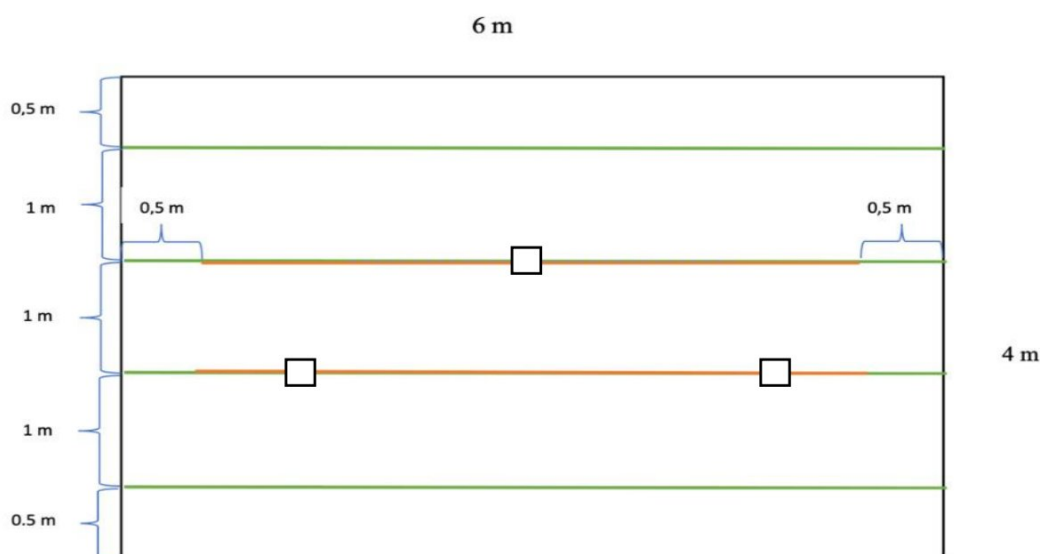
Gambar 2. Denah letak percobaan

3.4.2 Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah pada penelitian ini merupakan salah satu perlakuan percobaan. Pengolahan tanah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu olah tanah intensif, olah tanah minimum, dan tanpa olah tanah. Pada pengolahan tanah intensif dilakukan dengan pembalikan dan pencacahan tanah dengan cara dicangkul dan diolah menggunakan *handtractor*. Gulma dan sisa tanaman pada permukaan tanah dibersihkan keluar dari lahan. Olah tanah minimum dilakukan dengan pengolahan tanah seminimal mungkin dan memanfaatkan gulma dan sisa tanaman sebagai mulsa di permukaan tanah. Tanpa olah tanah tidak dilakukan kegiatan olah tanah, tetapi hanya membuat jalur tanam atau kairan dan memanfaatkan gulma dan sisa tanaman sebagai mulsa di permukaan tanah. Sehingga terdapat, 9 petak lahan dilakukan OTI, 9 petak lahan dilakukan OTM, dan 9 petak lahan dilakukan tanpa olah tanah. Pengolahan tanah dilakukan 2 minggu sebelum tanam. Aplikasi pupuk kandang ayam sebesar 1 ton ha^{-1} pada seluruh petak perlakuan sebagai pupuk dasar yang diaplikasikan setelah pengolahan tanah selesai dilakukan. Aplikasi pupuk dilakukan dengan cara dilarik dan ditutup kembali menggunakan tanah.

3.4.3 Penanaman

Bibit tebu merupakan varietas GMP 7 yang berumur 6 bulan dengan panjang sekitar 1,5 meter. Bibit tebu dipotong menjadi 3 sampai 4 mata tunas dengan panjang sekitar 10 sampai 15 cm. Sistem tanam yang digunakan yaitu dengan *end to end* dengan pangkal ketemu pangkal (PKP) 1 m². Setiap petak percobaan terdiri dari 4 baris tanam dengan kedalaman masing-masing baris 15 cm. Model baris pada tiap petak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Model baris tanam tiap petak

Keterangan:

- = Batas petak perlakuan
- = Baris tanam
- = Titik sampel tanaman

3.4.4 Pengaplikasian Pupuk

Pengaplikasian pupuk pada penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu pupuk kandang dan pupuk tunggal. Pupuk P (TSP), K (KCl), dan pukan sebagai pupuk dasar, kemudian pupuk N (Urea) sebagai perlakuan percobaan. Aplikasi pupuk kandang dilakukan dengan cara dilarik dan dibanamkan pada baris tanaman dengan dosis 1 ton ha⁻¹. Pengaplikasian pupuk TSP dengan dosis 350 kg ha⁻¹

berbarengan dengan aplikasi pupuk kandang ayam pada persiapan lahan. Pupuk KCl dengan dosis 300 kg ha^{-1} diaplikasikan pada 6 minggu setelah tanam yang berbarengan dengan aplikasi pupuk Urea. Pupuk Urea sebagai perlakuan dibagi menjadi 2 dosis yaitu N1 150 kg ha^{-1} , N2 300 kg ha^{-1} .

3.4.5 Pemeliharaan Tanaman

Kegiatan pemeliharaan tanaman mencakup penyulaman, pengendalian gulma, penyiraman dan pengelentekan. Kegiatan penyulaman dilakukan untuk mengganti tanaman yang tidak tumbuh maupun mati. Pengendalian gulma dilakukan rutin selama fase pertumbuhan dengan aplikasi herbisida dan juga secara manual dengan membersihkan gulma pada juringan. Penyiraman dilakukan setiap pagi atau sore hari dengan alat bantu berupa *sprinkle*. Pengelentekan tebu, atau sering disebut "klentek" atau "roges", dengan cara membersihkan daun-daun kering pada batang tanaman tebu untuk mengurangi serangan hama dan penyakit, memperbaiki sirkulasi udara dan penetrasi sinar matahari, mencegah tumbuhnya akar pada ruas batang, serta meningkatkan rendemen tebu.

3.4.6 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada fase pertumbuhan cepat sekitar umur 8 bulan setelah tanam dengan alat bantu berupa bor tanah dengan kedalaman pengambilan sampel yaitu 0-20 cm (tanah lapisan atas). Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak 3 titik di setiap petak percobaan dan dikompositkan. Sehingga didapatkan 27 sampel tanah yang digunakan untuk analisis di Laboratorium.

3.4.7 Penentuan Tanaman sebagai Parameter yang Diamati

Pengambilan sampel tanaman dilakukan pada umur 8 bulan setelah tanam atau masa vegetatif maksimum. Sampel yang diambil setiap petak perlakuan ditentukan secara acak berjumlah 3 sampel yang diambil pada baris kedua dan ketiga. Sampel tanaman yang diambil kemudian dipisahkan antara bagian daun

dan batang, lalu ditimbang berat basah batang dan daun, kemudian dipisah antara batang dan daun dan dimasukkan ke dalam amplop. Selanjutnya sampel tanaman di oven pada suhu 60-70°C selama 3 hari. Kemudian ditimbang bobot kering berangkasan batang dan daun, lalu masing-masing sampel digiling secara terpisah hingga halus dan disimpan pada wadah yang kedap udara yang selanjutnya digunakan untuk analisis P terpanen.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel utama pengamatan yang diamati pada penelitian ini yaitu P-tersedia dan serapan P batang tebu vegetatif maksimum. Sedangkan variabel pendukung yang akan diamati pada penelitian ini yaitu pH tanah H₂O dan C-Organik.

3.6 Percobaan Laboratorium

3.6.1 Analisis P Tersedia Tanah

Analisis tanah yang dilakukan adalah P Tersedia (Metode Bray 1) pada metode Bray 1 ini digunakan larutan pengestrak Bray dengan mencampurkan HCl dan NH₄F, larutan standar P 100 ppm dengan melarutkan kalium dihidrogen fosfat dengan volume yang dibutuhkan, kemudian dibuat larutan standar P 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, dan 2,5 ppm yang didapatkan dari pengenceran larutan standar P 100 ppm serta dibuat larutan kerja dengan mencampurkan asam molibdat dengan asam askorbat, spektrofotometer digunakan sebagai alat bantu dalam analisis P dengan hasil berupa absorban yang kemudian hasil data tersebut diolah dengan kurva standar.

3.6.2 Analisis Serapan P Batang Tebu

Analisis tanaman dilakukan setelah sampel tanaman diambil kemudian digunakan untuk menganalisis serapan P pada tanaman. Bagian tanaman yang akan digunakan pada analisis ialah berangkasan batang yang telah dikering oven dan digiling hingga halus. Setelah itu, berangkasan batang yang sudah dihaluskan kemudian ditimbang 1 g dan dikeringabukan menggunakan tungku pengabuan

selama 2 jam dengan suhu 300°C, lalu suhu dinaikkan sampai 500°C selama 4 jam kemudian tungku pengabuan dimatikan dan sampel dibiarkan dingin terlebih dahulu. Sampel yang sudah dingin dibasahi dengan beberapa tetes aquades hingga basah dan ditambah 10 ml HCl 1N pada lempengan pemanas hingga mendidih. Setelah mendidih lalu pindahkan cawan dan biarkan sampai dingin, kemudian lakukan penyaringan abu menggunakan kertas saring yang sebelumnya sudah dibilas dengan larutan asam. Setelah itu, cawan dibilas dengan 10 ml HCl 1N dan dituangkan pada kertas saring. Selanjutnya, kertas saring dibilas dengan 50 ml aquades dan diencerkan dalam labu ukur dengan menambahkan aquades hingga batas tera 100 ml dan dianalisis serapan P pada sampel tanaman tersebut (Thom dan Utomo, 1991).

3.7 Taksasi Produksi Tanaman Tebu

Taksasi produksi merupakan kegiatan perkiraan atau estimasi jumlah hasil panen yang diperoleh dari suatu lahan pertanian atau perkebunan sebelum panen. Data produksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Evizal, 2018).

$$P = PK \times JB \times TB \times BB$$

P = Produksi tebu (kg ha⁻¹)

PK = Panjang kairan (m ha⁻¹) (rumus = 10.000/pkp)

JB = Jumlah batang tebu panen/meter kairan (batang/m)

TB = Tinggi batang tebu, diukur sampai titik patah 30 cm dari pucuk (m)

BB = Bobot batang tebu (kg/m batang)

3.8 Analisis Data

Data yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi P tersedia tanah dan serapan hara P oleh tanaman. Sebelum dilakukan analisis ragam (ANOVA), terlebih dahulu diuji asumsi homogenitas ragam dengan Uji Bartlett dan aditivitas model dengan Uji Tukey. Apabila asumsi terpenuhi, maka dilanjutkan dengan analisis ragam (ANOVA). Jika hasil ANOVA menunjukkan adanya pengaruh nyata perlakuan, maka diuji lanjut dengan BNT 5%. Selanjutnya dilakukan uji korelasi antara variabel utama dan variabel pendukung.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Penerapan sistem tanpa olah tanah (TOT) tidak memberikan pengaruh nyata terhadap P-tersedia dan Serapan P batang tanaman tebu *plant cane* pada vegetatif maksimum di tanah Ultisol.
2. Perlakuan pemupukan nitrogen jangka panjang dengan $\frac{1}{2}$ dosis pupuk N (Urea 150 kg ha^{-1}) mampu meningkatkan P-tersedia tanah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan nitrogen, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1 dosis pupuk N (Urea 300 kg ha^{-1}). Pemupukan nitrogen jangka panjang tidak berpengaruh nyata pada serapan P vegetatif maksimum.
3. Tidak terdapat interaksi antara perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap P-tersedia dan serapan P batang tebu *plant cane* pada vegetatif maksimum.

5.2 Saran

Perlu dilakukan evaluasi dosis pemupukan P anorganik pada lahan tersebut, mengingat status hara P-tersedia pada awal sebelum tanam sudah berada di atas ambang batas kecukupan tanaman dan dilakukan analisis lebih lanjut mengenai fraksinasi fosfor tanah untuk mengetahui seberapa besar kontribusi P-residu terhadap ketersediaan hara bagi tanaman pada musim tanam berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, N. A., Andriana, O. D., Afandi, A., dan Ramadhani, W. S. 2023. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan Nitrogen terhadap Ruang Pori Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) Tahun Ke-34 di Lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(4): 635-640.
- Afrianti, N. A., Kartini, B., Sarno, Novpriansyah, H., Supriatin, dan Utomo, M. 2023. Pengaruh Sistem Olah Tanah Jangka Panjang dan Pemberian Pupuk Nitrogen (ke-34) terhadap Kandungan Asam Humat dan Asam Fulvat Tanah pada Pertanaman Jagung di Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(4): 687-694.
- Ahadiyat, Y. R. dan Sarjito, A. 2022. Pengaruh Kondisi Lahan Kering Tanpa Olah Tanah terhadap Kelimpahan Gulma. *Al-Kaunyah: Jurnal Biologi*. 13(1): 1-9.
- Al Farisi, H. S., Mulyati, M., dan Tejowulan, R. S. 2024. Pemetaan Sebaran Tekstur dan Kesuburan Kimia Tanah pada Lahan Sawah Tadah Hujan Semi-ringkai di Kecamatan Jerowaru. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 10(2): 237–251.
- Andita, R. A., Sarno, M. Utomo, dan A. K. Salam. 2019. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan Nitrogen Jangka Panjang terhadap Kandungan Asam Humat dan Asam Fulvat pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Tahun ke-29 di Lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 7(2): 361-370.
- Antonius, S., Sahputra, R. D., Nuraini, Y., dan Dewi, T. K. 2018. Manfaat Pupuk Organik Hayati, Kompos dan Biochar pada Pertumbuhan Bawang Merah dan Pengaruhnya terhadap Biokimia Tanah pada Percobaan Pot Menggunakan Tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia*. 14(2): 243-250.
- Asomaning, S. K. 2020. Processes and Factors Affecting Phosphorus Sorption in Soils. Dalam *Sorption in 2020s*. IntechOpen. London.
- Athallah, F. N. F. dan Pambudi, S. W. L. 2022. Status Kesehatan Tanah dengan Metode Selidik Cepat di Areal Pertanaman Teh. *Jurnal Ecosolum*. 11(2): 168-178.

- Aviva, S. N. 2023. Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang terhadap P Terpanen dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Tahun ke-35. (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung.
- Balai Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP). 2023. *Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah*. Badan Standardisasi Instrumen Pertanian. Bogor.
- Biswas, C., Ferdous, J., Sarker, R. R., Islam, K. R., dan Jahangir, M. M. R. 2024. Forty-two Years Impact of Chemical Fertilization on Soil Phosphorus Partition and Distribution Under Rice-based Cropping Systems. *PLoS ONE*, 19(6): e0305097.
- Brady, N. C. dan Weil, R. R. 2016. *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education, Inc., New Jersey.
- Brezinscak, L. dan Bogunovic, I. 2025. Optimizing Tillage and Straw Management for Improved Soil Physical Properties and Yield. *Land*. 14(2): 376.
- Cahyo, A., Pembengo, W., dan Dude, S. 2023. Penerapan Sistem Tanpa Olah Tanah dan Jenis Herbisida terhadap Dominansi Gulma dan Pertumbuhan serta Hasil Jagung Manis (*Zea mays* L. Saccharata). *Jurnal Agroteknotropika*. 11(1): 10-17.
- Daryanti, M. A., Saidi, D., dan Julianto, E. A. 2024. Pengaruh Pemberian Pupuk SP-36 dan Tepung Cangkang Kepiting terhadap Ketersediaan P pada Tanah Latosol. *Jurnal Tanah dan Air*. 13(1): 76-81.
- De Vaus, D. A. 2013. *Surveys in Social Research* (6th ed.). Routledge. London.
- Eviati, F., Handayani, R., dan Setiawan, A. 2017. Karakteristik dan Potensi Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian di Provinsi Jambi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 1(1): 15-25.
- Evizal, R. 2018. *Pengelolaan Perkebunan Tebu*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Fadillah, N., Utomo, M., Afrianti, N. A., dan Sarno, S. 2022. Perubahan Sifat Kimia Tanah pada Profil Tanah Akibat Penerapan Sistem Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang pada Lahan Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Kebun Percobaan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(4): 627-632.
- Fahmi, A., Utami, S. N. H., dan Sudjono, P. 2010. Pengaruh Interaksi Hara Nitrogen dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) pada Tanah Regosol dan Latosol. *Berita Biologi*. 10(3): 301-306.

- Fauzi, A., Santosa, I., dan Wijaya, K. 2020. Pengaruh Sistem Drainase dan Porositas Tanah terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 9(2): 115–124.
- Firnia, D. 2018. Dinamika Unsur Fosfor pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. *Jurnal Agroekoteknologi*. 10(1): 45-52.
- Gill, A. L., Schilling, J., dan Hobbie, S. E. 2021. Experimental Nitrogen Fertilisation Globally Accelerates, Then Slows Decomposition of Leaf Litter. *Ecology Letters*. 24(4): 802-811.
- Guo, L. B., Gifford, R. M., Barrett, D. J., dan Xu, Z. H. 2010. Nitrogen Fertilization and Soil Carbon Sequestration: A Meta-analysis. *Global Change Biology*. 16(10): 2824-2836.
- Habiburrahman, Padusung, dan Baharuddin. 2018. Ketersediaan Fosfor pada Lahan Padi Sawah Berdasarkan Intensitas Penggunaannya di Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat. *Crop Agro*. 11(1): 10-15.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., dan Beaton, J. D. 2016. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management* (8th ed.). Pearson Education, Inc., New Jersey.
- Hardjowigeno, S. 2015. *Ilmu tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hilwa, W., Harahap, D. E., dan Zuhirsyan, M. 2020. Pemberian Pupuk Kotoran Ayam dalam Upaya Rehabilitasi Tanah Ultisol Desa Janji yang Terdegradasi. *Agrica Ekstensia*. 14(1): 75-80.
- Hobbs, P. R., Sayre, K., dan Gupta, R. 2008. The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 363(1491): 543-555.
- Husnain, Widowati, L. R., Hartatik, W., Ratule, M. T., Hermanto, Harwanto, Mansyah, E., Yufdy, M. P., Syah, M. J. A., Mulyono, D., Setyorini, D., Kasno, A., Subiksa, I. G. M., Nurjaya, Suastika, I. W., Purnomo, J., Siregar, A. F., Sipahutar, I. A., Anggria, L., dan Wibowo, H. 2021. *Rekomendasi pupuk N, P, dan K tanaman hortikultura (per kabupaten)*. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Indrawati, R., Suryanto, A., dan Maghfoer, M. D. 2017. Analisis Fase Pertumbuhan Vegetatif dan Hubungannya dengan Akumulasi Sukrosa pada beberapa Varietas Tebu. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 13(1): 45–52.

- Indriyati, L. T., Santoso, S., dan Irianti, E. 2024. Dampak Pertanian Organik dan Konvensional pada Biodiversitas dan Sifat Kimia Tanah pada Budidaya Tanaman Padi Sawah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 29(3): 331-340.
- Ismon, L. 2015. Kajian Pemupukan Fosfor pada Tiga Tingkat Status Fosfor Tanah terhadap Tanaman Padi Sawah di Kabupaten Dharmasraya Sumatera Barat. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 18(2): 115-126.
- Jambak, M. K. F. A., Baskoro, D. P. T., dan Wahjunie, E. D. 2017. Karakteristik Sifat Fisik Tanah pada Sistem Pengolahan Tanah Konservasi (Studi Kasus: Kebun Percobaan Cikabayan). *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 44-50.
- Jat, M. L., Kumar, V., Singh, R. K., Tetarwal, J. P., Jat, R. K., Choudhary, M., dan Sharma, P. C. 2022. Impact of Long-Term Conservation Agriculture Practices on Phosphorus Dynamics under Maize-Based Cropping Systems in a Sub-Tropical Soil. *Sustainability*. 14(19): 12588.
- Jayadi, M., Juita, N., dan Wulansari, H. 2022. Analisis Fosfor Tanah pada Lahan Sawah Irigasi dan Sawah Tadah Hujan di Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang. *Jurnal Ecosolum*. 11(2): 191-207.
- Joshi, D. R., Clay, D. E., Alverson, R., Clay, S. A., Westhoff, S., Johnson, J. M. F., Wang, T., dan Sieverding, H. 2025. Tillage Intensity Reductions when Combined with Yield Increases may Slow Soil Carbon Saturation in the Central United States. *Scientific Reports*. 15(10697): 1-8.
- Kusumastuti, A., Fatahillah, Wijaya, A., dan Sukmawan, Y. 2018. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Residu N Tahun Ke-29 pada Beberapa Sifat Kimia Tanah dengan Tanaman Indikator Leguminosa. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2(1): 18-26.
- Kusumawati, A., Hanudin, E., Purwanto, B. H., dan Nurudin, M. 2022. Respon Kadar Hara Tanaman Tebu di Tiga Ordo akibat Budidaya Monokultur Tebu. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 24(1): 39-48.
- Ma, W., Tang, S., Dengzeng, Z., Zhang, D., Zhang, T., dan Ma, X. 2022. Root Exudates Contribute to Belowground Ecosystem Hotspots: A Review. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 937940.
- Magfiroh, I. S., Setyawati, I. K., dan Wibowo, R. 2017. Mutu Tebu Industri Gula di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Pertanian II: Arah dan Tantangan Pembangunan Pertanian dalam Era SDGs*. Hlm. 94-100.
- Meena, R. S., Dotaniya, M. R., Coumar, V., Kundu, S., Rao, A. S., Goswami, S., dan Yadav, G. S. 2024. Effect of Long-term Tillage Practices on Soil

- Nitrogen, Phosphorus and Sulfur Release Under Different Nitrogen Management Options. *Soil Research and Land Management*. 11(1): 1-15.
- Mustafa, M. Z. 2020. Pengaruh Perbedaan Dosis dan Sumber Pupuk Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bit Merah (*Beta vulgaris* L.). (Skripsi). Universitas Brawijaya, Malang.
- Nariratih, I., Damanik, M. M. B., dan Sitanggang, G. 2013. Ketersediaan Nitrogen pada Tiga Jenis Tanah Akibat Pemberian Tiga Bahan Organik dan Serapannya pada Tanaman Jagung. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(3): 479-488.
- Niswati, A., Yusnaini, S., dan Syamsul Arif, M. A. 2015. Populasi Mikroba Pelarut Fosfat dan P-tersedia pada Rizosfir beberapa Umur dan Jarak dari Pusat Perakaran Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Tanah Tropika*. 20(2): 121-127.
- Nurchahyo, Y., Hidayat, N., dan Perdana, R. S. 2018. Pemodelan Sistem Pakar untuk Identifikasi Hama Penyakit Tanaman Tebu dengan Metode Dempster-Shafer. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2(3): 1187-1193.
- Oktaviansyah, H., Lumbanraja, J., Sunyoto, S., dan Sarno, S. 2015. Pengaruh Sistem Olah Tanah terhadap Pertumbuhan, Serapan Hara dan Produksi Tanaman Jagung pada Tanah Ultisol Gedung Meneng Bandar Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(3): 393-401.
- Pasang, Y. H., Jayadi, M., dan Rismaneswati. 2019. Peningkatan Unsur Hara Fosfor Tanah Ultisol melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos dan Pelet. *Jurnal Ecosolum*, 8(2): 86-96.
- Putra, F. A., Suwanto, S., dan Guntoro, D. 2019. Manajemen Bibit *Plant Cane* dan Pengaruhnya terhadap Keberlanjutan Produktivitas Tebu Keprasan (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 47(3): 312-319.
- Putri, A. D., Sudiarso, S., dan Islami, T. 2013. Pengaruh Komposisi Media Tanam pada Teknik *bud chip* Tiga Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 1-8.
- Saftia, N., Sarman, S., dan Gani, A. 2019. Peningkatan Ketersediaan P pada Lahan Kering melalui Pemberian Dosis Urea dan Sistem Olah Tanah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(4): 59-68.

- Salsavira, K. 2024. Analisa Kandungan C-organik Tanah dan Total Populasi Mikroorganisme Tanah Sebelum dan Setelah Aplikasi Pupuk Organik Blotong pada Lahan Tebu PTPN XI di Kebun Mrawan dan Kebun RVO Tapan. *Jagad Tani: Jurnal Ilmu Pertanian*. 1(1): 1-11.
- Sari, V. I. 2018. Pemanfaatan Berbagai Jenis Bahan Organik sebagai Mulsa untuk Pengendalian Gulma di Areal Budidaya Tanaman. *Jurnal Citra Widya Edukasi*. 10(2): 149-158.
- Sari, M. N., Sudarsono, S., dan Darmawan, D. 2017. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-Tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 65–71.
- Setiawan, M. N., Purwaningsih, H., dan Prasetya, D. 2018. Potensi Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai Bahan Baku Bioplastik Polyhydroxybutyrate (PHB) Ramah Lingkungan. *Jurnal Kultivasi*. 17(2): 654-663.
- Shakila, L., Hidayat, Y., dan Haryono. 2024. Populasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Rizosfer Jagung dengan Volume Irigasi dan Pupuk Organik yang Berbeda. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(1): 45-51.
- Sharma, S., Kaur, S., Choudhary, O. P., Singh, M., Al-Huqail, A. A., Ali, H. M., Kumar, R., dan Siddiqui, M. H. 2022. Tillage, Green Manure and Residue Retention Improves Aggregate-associated Phosphorus Fractions Under Rice-wheat Cropping. *Scientific Reports*. 12(1): hlm. 11106.
- Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., Zhang, W., dan Zhang, F. 2011. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. *Plant Physiology*. 156(3): 997–1005.
- Siregar, P., Fauzi, dan Supriadi. 2017. Pengaruh Pemberian beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi terhadap beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*. 5(2): 256-264.
- Soleha, N., Priatmadi, B. J., dan Mariana, Z. T. 2023. Perubahan pH, Fe-larut, dan P-tersedia di Tanah Sulfat Masam Aktual (sulfaquept) yang diberi Pupuk Kandang Sapi dan Genangan Air. *Acta Solum*. 1(2): 53-60.
- Sonia, A. V. dan Setiawati, T. C. 2022. Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat pada Tanah Masam. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 15(1): 44–53.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Subagyo, H., Suhartan, N., dan Siswanto, A. B. 2000. *Tanah-tanah pertanian di Indonesia*. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat

- Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. 21-65 Hal.
- Subowo, G. 2012. Pemberdayaan Sumberdaya Hayati Tanah untuk Rehabilitasi Tanah Ultisol Terdegradasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 6(2): 111-120.
- Suryadi, D., Megawati, A., Susilo, B., Dalimartha, L. N., Wiguna, E. C., Isdiantoni, Koentjoro, M. P., dan Prasetyo, E. N. 2017. Model Manajemen Terpadu Pertanian Hortikultura Organik pada Lahan Sempit. *Proceeding Biology Education Conference*. 14(1): 118–125.
- Susanti, R., Afriani, A., Harahap, F. S. 2019. Aplikasi Mikoriza dan Beberapa Varietas Kacang Tanah Dengan Pengolahan Tanah Konservasi terhadap Perubahan sifat Biologi Tanah. *Jurnal Pertanian Tropik*. 6(1): 34–42.
- Sustiyah. 2021. *Manajemen Kesuburan Tanah Lahan Kering*. Deepublish. Yogyakarta.
- Swibawa, I. G., Yulistiara, S. P., dan Aeny, T. N. 2015. Penerapan Sistem Olah Tanah dan Pemulsaan pada Tebu untuk Pengendalian Nematoda Parasit Tumbuhan Dominan. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 15(2): 37-42.
- Syahputra, E., Fauzi, dan Razali. 2015. Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Beberapa Wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi*. 4(1): 1796-1803.
- Tănase, V., Vrînceanu, N., Preda, M., Kurtinecz, P., Motelică, D. M., Costea, M., Plopeanu, G., dan Carabulea, V. 2022. Long-term Nitrogen and Phosphorus Fertilization Effects on Soil Properties. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. LXV (1): 170-176.
- Thom, W. O. dan Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta. 139 hal.
- Ustiatik, R., Ariska, A. P., Ramadhan, R. K., Aziz, N. R., Hadi, S. R. I., Nugroho, R. M. Y. A. P., Rinandy, M. V. P., Hidayat, M. T., Nugroho, W. A., dan Kurniawan, S. 2024. Bio-physico-chemical Soil Characteristic: Intensive Tillage Vs. No Tillage. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 13(4): 1196-1205.
- Utami, S., Tarigan, D. M., dan Syair, I. F. 2018. Response of Growth Mustard Plant Pakchoy (*Brassica chinensis* L.) the Composition of Plant Medium and Dosage of NPK by Verticulture. *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*, 21(2): 127-134
- Utomo, M. 2012. *Tanpa Olah Tanah: Teknologi untuk Pertanian Berkelanjutan*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Widarti, B. N., Wardhini, W. K., dan Sarwono, E. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(2): 75-80.
- Widodo, S., Simanjuntak, B. H., dan Sukristiyonubowo. 2021. Pengaruh Sistem Tanpa Olah Tanah terhadap Karakteristik Fisik Tanah dan Retensi Air pada Lahan Sawah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 23(1): 32-41.
- Yan, Z., Eziz, A., Tian, D., Li, X., Hou, X., Peng, H., Han, W., Guo, Y., dan Fang, J. 2019. Biomass Allocation in Response to Nitrogen and Phosphorus Availability: Insight from Experimental Manipulations of *Arabidopsis Thaliana*. *Frontiers in Plant Science*. 10. Article 598.
- Yunanda, F., Soemeinaboedhy, I. N., dan Silawibawa, I. P. 2022. Pengaruh Pemberian Berbagai Pupuk Organik terhadap Sifat Fisik Tanah, Kimia Tanah, dan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) di Kecamatan Kediri. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 1(3): 294-303.
- Yuniar, Y. I., Sari, R. F. W., dan Supriati, E. 2023. Efektivitas Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dan Pemberian Bahan Organik terhadap P Tersedia Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 10(2): 241-248.
- Zhu, J., Peng, H., Ji, X., Li, C., dan Li, S. 2022. Effects of Different Fertilization Regimes on Soil Properties, Enzyme Activities, and Crop Yield in a Faba Bean-Sweet Corn Rotation System. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 893588.