

**PENGARUH BAHAN PEMBENAH TANAH DAN PEMUPUKAN N, P, K  
TERHADAP KETERSEDIAAN NITROGEN TANAH DAN  
NITROGEN TERANGKUT PADA TANAMAN JAGUNG  
(*Zea mays* L.) DI TANAH ULTISOL  
GEDONG MENENG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**RIFQY FACHRI REVA HIDAYAT  
NPM 1954121008**



**JURUSAN AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2025**

**PENGARUH BAHAN PEMBENAH TANAH DAN PEMUPUKAN N, P, K  
TERHADAP KETERSEDIAAN NITROGEN TANAH DAN  
NITROGEN TERANGKUT PADA TANAMAN JAGUNG  
(*Zea mays* L.) DI TANAH ULTISOL  
GEDONG MENENG**

**Oleh**

**RIFQY FACHRI REVA HIDAYAT**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2025**

Judul Skripsi

: **Pengaruh Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Ketersediaan Nitrogen Tanah dan Nitrogen Terangkut pada Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) di Tanah Ultisol Gedong Meneng**

Nama Mahasiswa

: **Rifqy Fachri Reva Hidayat**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1954121008


Program Studi

: Agroteknologi

Fakultas

: Pertanian



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

  
**Rizki Afriliyanti, S.P., M.P.**  
NIP. 19960406024062001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi,

  
**Ir. Setyo Widagdo, M.Si.**  
NIP. 196812121992031004

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji,**

**Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**



**Anggota Pembimbing : Rizki Afriliyanti, S.P., M.P.**



**Pembahas  
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Lampung**



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

**NIP. 196411181989021002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Desember 2025**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Ketersediaan dan Nitrogen Terangkut pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Ultisol Gedong Meneng” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian 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, 6 Mei 2026  
Yang membuat surat pernyataan,



**Rifqy Fachri Reva Hidayat**  
NPM 1954121008

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Metro, Lampung pada 20 April 2001. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Samsu Hidayat dan Ibu Lusi Sulistiyani. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah Gunung Terang pada 2013, SMP Muhammadiyah 3 Bandar Lampung pada 2016, dan SMA Negeri 15 Bandar Lampung pada 2019. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur penerimaan SMMPTN (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis memilih Ilmu Tanah sebagai minat penelitian dari perkuliahan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Perma AGT (Persatuan Mahasiswa Agroteknologi) sebagai Anggota Bidang Dana dan Usaha periode 2021. Penulis juga menjadi Staff Ahli Bidang Ekonomi Kreatif BEM FP Unila pada periode 2022. Tahun 2022 penulis melaksanakan KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Kelurahan Rajabasa Nunyai Bandar Lampung. Pada tahun yang sama, penulis melaksanakan PU (Praktik Umum) di Perkebunan PTPN VII Rejosari Natar, Lampung Selatan. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada Mata Kuliah: Statistika Dasar, Genetika Pertanian, dan Fisiologi Tumbuhan.

*Alhamdulillahirobbil'alamin*

Dengan tulus dan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini kepada

Orang Tua dan keluargaku

Bapak Samsu Hidayat dan Ibu Lusi Sulistiyani dan seluruh keluargaku yang senantiasa mendoakan kelancaran dan keberhasilan, memberikan cinta dan kasih sayang, perhatian, kesabaran, nasehat dan dukungan yang tidak pernah terbalaskan dengan apapun.

Kakak dan Adik Tercinta

Annisa Augita Faradina dan Dimas Rasya Aditya Hidayat yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang, dorongan dan dukungan.

Sahabat-sahabat yang selalu menemani dalam suka maupun duka, serta memberikan bantuan, motivasi, dukungan dan perhatian selama ini.

Serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia (lainnya).”

(HR Jabir)

*“Bismillahi tawakkaltu ‘alallah, laa haula wa laa quwwata illaa billaah.”*

## SANWACANA

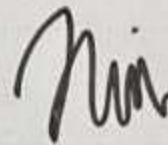
*Alhamdulillah*, segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanallahu wa ta'ala atas rahmat dan hidayah-Nya serta berbagai kemudahan yang telah diberikan-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam yang telah memberikan tuntunan dan petunjuk kepada kita semua sehingga kita dapat mengenal keagungan Allah SWT dengan segala ciptaan-Nya. Skripsi dengan judul "Pengaruh Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Ketersediaan dan Nitrogen Terangkut pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) di Tanah Ultisol Gedong Meneng" merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini;
- (2) Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
- (3) Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, motivasi, saran dan nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;
- (4) Liska Mutiara Saptiana, S.P., M.Si., selaku Pembimbing Kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, motivasi, saran dan nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;
- (5) Rizki Afriliyanti, S.P., M.Si. selaku Pembimbing Kedua (pengganti) atas kesediaannya memberikan bimbingan, motivasi, saran dan nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;

- (6) Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan do'a, dukungan secara materil maupun emosional, kesabaran, dan kasih sayang yang tiada hentinya serta selalu menjadi penyemangat dalam mengiringi perjuangan penulis;
- (7) Teman-teman seperjuangan Jurusan Agroteknologi 2019 yang telah memberikan bantuan, dukungan, semangat, serta saran kepada penulis,
- (8) Saudara sesama Pejantan Agroteknologi, yang telah berbagi suka duka, kebaikan dan dorongan motivasi kepada penulis;
- (9) Sahabat: Muhamad Wahyudi, Riki Pratama, Wahyu Erlangga yang telah memberikan naungan, bantuan dan dorongan yang sangat kuat dalam penyelesaian skripsi ini;
- (10) Teman-teman: Widi Riski Pebianti, Ragil Saputra, Rio Adi Saputra, dan Hilda Putri Soleha, yang telah membantu penulis dalam melakukan analisis kimia tanah;
- (11) Teman sepenelitian: Bayu Hendarto, Hilda Putri Soleha, dan Dhea Saldiviyona, yang telah berbagi bantuan dan dorongan yang sangat kuat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis dapat menyadari tanpa ridho dan pertolongan Allah SWT, serta bantuan, dukungan, motivasi, dari segala pihak skripsi ini tidak dapat diselesaikan. Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penulisan ini, penulis ucapkan banyak terima kasih dan semoga Allah SWT membalas segala kebaikan kalian. *Aamiin Yarabbal'alamin.*

Bandar Lampung, 6 Mei 2026  
Penulis,



Rifqy Fachri Reva Hidayat

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>i</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
1.5 Hipotesis .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tanaman Jagung .....	7
2.2 Tanah Ultisol.....	8
2.3 Karakteristik Biochar .....	8
2.4 Pupuk Urea .....	11
2.5 Nitrogen.....	12
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian.....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.4.1 Sejarah Penggunaan Lahan .....	17
3.4.2 Pembuatan Biochar.....	17
3.4.3 Persiapan Lahan.....	18
3.4.4 Pembuatan Petakan Percobaan.....	18
3.4.5 Aplikasi Bahan Pembenh Tanah.....	19
3.4.6 Penanaman Jagung .....	19
3.4.7 Pemupukan N, P, K .....	20
3.4.8 Pengamatan Tanaman.....	21
3.4.9 Pemeliharaan Tanaman.....	21

3.4.10 Panen .....	21
3.4.11 Pengambilan Sampel.....	22
3.5 Variabel Utama .....	22
3.5.1 Analisis Nitrogen.....	22
3.6 Variabel Pendukung .....	23
3.6.1 Analisis pH Tanah .....	24
3.6.2 Analisis C-organik Tanah .....	24
3.7 Analisis Data.....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Karakteristik Tanah Awal.....	26
4.2 Karakteristik Biochar .....	27
4.3 Pengaruh Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Tanah, Brangkasan, Pipilan, dan Tongkol.....	29
4.3.1 Pengaruh Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Total Tanah.....	31
4.3.2 Pengaruh Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Brangkasan, Pipilan, dan Tongkol .....	32
4.4 Pengaruh Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-organik dan pH Tanah.....	37
4.5 Hubungan antara C-organik dan pH Tanah dengan N-Total Tanah pada Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K.....	41
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>43</b>
5.1 Simpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Dosis Bahan Pembenah Tanah .....	19
2. Dosis Pemupukan N, P, K.....	20
3. Karakteristik Tanah Awal .....	26
4. Karakteristik Beberapa Jenis Biochar .....	28
5. Pengaruh Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Tanah dan Nitrogen Terangkut Brangkas, Pipilan, dan Tongkol.....	29
6. Pengaruh Bahan Pembenah Tanah terhadap N-total Tanah.....	32
7. Pengaruh Interaksi Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Biochar + Pupuk Kandang Sapi) dengan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Brangkas Jagung .....	33
8. Pengaruh Interaksi Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Biochar + Pupuk Kandang Sapi) dengan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Tongkol Jagung .....	34
9. Pengaruh Interaksi Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Biochar + Pupuk Kandang Sapi) dengan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Pipilan Jagung .....	35
10. Pengaruh Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-organik dan pH Tanah.....	37
11. Hubungan antara N-total tanah, C-organik, pH tanah dengan Nitrogen terangkut brangkas, pipilan, dan tongkol.....	42
12. Hasil Analisis Laboratorium Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap N-total tanah (%) .....	53
13. Hasil Uji Homogenitas Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap N-total tanah (%).....	54
14. Uji Aditifitas (Tukey) Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap N-total tanah (%).....	55
15. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap N-total Tanah (%) .....	55

16. Hasil Perhitungan Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Brangkasan .....	56
17. Hasil Uji Homogenitas Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Brangkasan (mg N Brangkasan <sup>-1</sup> ).....	57
18. Uji Aditifitas (Tukey) Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Brangkasan (mg N Brangkasan <sup>-1</sup> ).....	58
19. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Brangkasan (mg N Brangkasan <sup>-1</sup> ).....	58
20. Hasil Perhitungan Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Tongkol .....	59
21. Hasil Uji Homogenitas Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Tongkol (mg N Tongkol <sup>-1</sup> ).....	60
22. Uji Aditifitas (Tukey) Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Tongkol (mg N Tongkol <sup>-1</sup> ).....	61
23. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Tongkol (mg N Tongkol <sup>-1</sup> ).....	61
24. Hasil Perhitungan Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Pipilan .....	62
25. Hasil Uji Homogenitas Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Pipilan (mg N Pipilan <sup>-1</sup> ) .....	63
26. Uji Aditifitas (Tukey) Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Pipilan (mg N Pipilan <sup>-1</sup> ) .....	64
27. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Nitrogen Terangkut Pipilan (mg N Pipilan <sup>-1</sup> ) .....	64
28. Hasil Analisis Laboratorium Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-organik Tanah (%) .....	65
29. Hasil Uji Homogenitas Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-organik Tanah (%).....	66
30. Uji Aditifitas (Tukey) Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-organik Tanah (%).....	67
31. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-organik Tanah .....	67

32. Hasil Analisis Laboratorium Aplikasi Bahan Pembena Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap pH Tanah.....	68
33. Hasil Uji Homogenitas Aplikasi Bahan Pembena Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap pH Tanah .....	69
34. Uji Aditifitas (Tukey) Aplikasi Bahan Pembena Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap pH Tanah .....	70
35. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Bahan Pembena Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap pH Tanah .....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran akhir pengaruh aplikasi bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K. ....	5
2. Tata letak percobaan. ....	16
3. Grafik pengaruh bahan pembenah tanah dengan pemupukan N, P, K terhadap C-organik di tanah Ultisol ( $\bar{x}$ : Standar error).....	38
4. Grafik pengaruh bahan pembenah tanah dengan pemupukan N, P, K terhadap pH tanah di tanah Ultisol ( $\bar{x}$ : Standar error). ....	40
5. Perbandingan panjang batang dan akar tanaman jagung pada tiap perlakuan aplikasi bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung ( <i>Zea Mays L.</i> ) di tanah Ultisol Gedong Meneng. ....	71

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jagung berpotensi menjadi aset strategis yang berperan penting dalam peningkatan pendapatan petani di Indonesia. Hal ini didukung dengan pernyataan Habib (2013) bahwa berbagai macam industri menjadikan jagung sebagai bahan baku utama, misalnya industri gula jagung, industri pati jagung, industri rumahan, industri farmasi, industri makanan, industri pakan ternak dan lainnya. Permintaan pasar akan jagung terus meningkat, harganya yang tinggi menjadi salah satu faktor yang mendorong petani untuk membudidayakan tanaman jagung.

Berdasarkan data BPS (2023) menyatakan bahwa produksi jagung pipilan kering dengan kadar air 14% pada tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 10,61% dibandingkan tahun 2022, yaitu dari 16,53 juta ton menjadi 14,77 juta ton. Sesuai dengan pernyataan Saputra (2018) bahwa penurunan produksi jagung ini antara lain disebabkan oleh kondisi tanah yang kurang subur, miskin unsur hara makro dan mikro, pemupukan yang tidak berimbang, serangan hama dan penyakit, pengaruh cuaca dan iklim, serta teknik budidaya petani yang belum optimal.

Sebagian besar lahan pertanian di Indonesia pada umumnya didominasi tanah yang miskin unsur hara makro dan mikro serta bereaksi masam seperti tanah Ultisol. Aini dkk. (2022) menyatakan bahwa provinsi Lampung sendiri memiliki luasan tanah Ultisol mencapai 0,5 juta ha. Tanah ini memiliki sifat unsur hara, kapasitas tukar kation (KTK), pH, dan bahan organik yang rendah. Tanah ini dapat dijumpai pada berbagai relief, mulai dari datar hingga bergunung.

Selain permasalahan kesuburan tanah, sektor pertanian juga dihadapkan pada masalah limbah biomassa pertanian yang jumlahnya cukup besar dan belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah pertanian yang tidak dikelola dengan baik berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, sehingga diperlukan suatu pendekatan pengelolaan lahan yang tidak hanya mampu meningkatkan kesuburan tanah, tetapi juga mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan.

Upaya untuk meningkatkan produktivitas jagung di tanah Ultisol dalam perbaikan sifat-sifat tanah memerlukan suatu pengelolaan tanah yang tepat dan efisien. Salah satunya dibutuhkan pemberian bahan pembenah tanah seperti biochar dan pupuk kandang sapi untuk memperbaiki sifat tanah. Gani (2009) menyatakan bahwa biochar memiliki banyak pori sehingga luas permukaan yang besar, sehingga memiliki kapasitas menahan unsur hara yang tinggi seperti nitrogen tanah. Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian mengenai penggunaan kombinasi biochar serta pupuk kandang sapi dan dosis pupuk N, P, K dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen dan nitrogen terangkut di tanah Ultisol.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penelitian ini dilakukan untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut:

- (1) Apakah pembenah tanah (biochar dan pupuk kandang sapi) berpengaruh terhadap ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung?
- (2) Apakah pemupukan N, P, K berpengaruh terhadap ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung?
- (3) Apakah terdapat pengaruh interaksi antara pembenah tanah (biochar dan pupuk kandang sapi) dengan pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah dikemukakan, maka penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

- (1) Mempelajari pengaruh pembenah tanah (biochar dan pupuk kandang sapi) untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung;
- (2) Mempelajari pengaruh pemupukan N, P, K untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung;
- (3) Mempelajari pengaruh interaksi antara pembenah tanah (biochar dan pupuk kandang sapi) dengan pemupukan N, P, K untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung.

### 1.4 Kerangka Pemikiran

Jenis tanah yang memiliki tingkat pelapukan lanjut, bersifat masam, dan umumnya memiliki kesuburan rendah yaitu tanah Ultisol. Menurut Fitriatin dkk. (2014) bahwa tanah Ultisol memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara makro seperti nitrogen yang rendah, sehingga tidak optimal untuk pertumbuhan tanaman pangan seperti jagung (*Zea mays* L.). Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan produktivitas tanah Ultisol melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah, salah satunya dengan pemberian pembenah tanah dan pemupukan.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah Ultisol adalah dengan aplikasi pembenah tanah berupa biochar yang dikombinasikan dengan pupuk kandang. Pemberian pembenah tanah ini telah terbukti mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Fitriatin dkk., 2014). Biochar berfungsi meningkatkan kapasitas memegang hara, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), menjaga kestabilan pH tanah, serta menyediakan habitat yang mendukung aktivitas mikroorganisme tanah (Lehmann dan Rondon, 2006). Hasil penelitian Berutu dkk. (2019) juga menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat

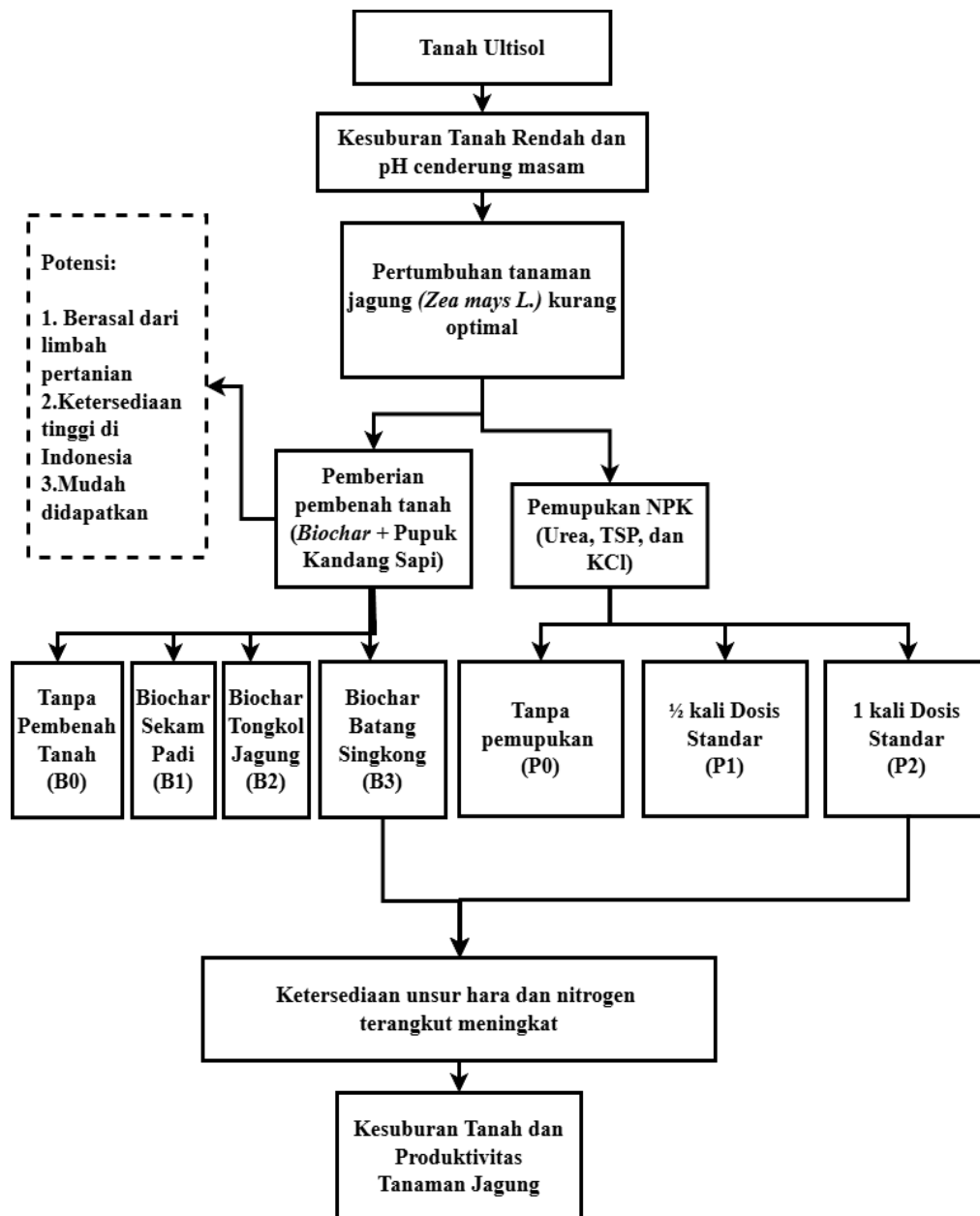
meningkatkan pH Tanah, kandungan C-organik, serta kadar unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, khususnya pada tanah Ultisol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara pemberian biochar batang singkong dengan pemupukan fosfor (P) dapat meningkatkan kadar N-total tanah secara signifikan. Kadar N-total meningkat dari 0,17% menjadi 0,20% pada dosis 2,5 ton ha<sup>-1</sup> dan mencapai 0,27% pada dosis 5 ton ha<sup>-1</sup>. Selain itu, kombinasi ini juga meningkatkan kadar C-organik tanah. Kadar C-organik tertinggi ditemukan pada perlakuan biochar batang singkong 5 ton ha<sup>-1</sup> yang dikombinasikan dengan pemupukan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sebesar 36 kg ha<sup>-1</sup> (setara 80 kg ha<sup>-1</sup> TSP), yaitu sebesar 2,94%, dibandingkan dengan kontrol yang hanya mencapai 1,92% (Aswiguna dkk., 2022).

Selain pembenah tanah, upaya peningkatan kesuburan Ultisol juga didukung dengan pemupukan makro, khususnya N, P, K. Pupuk urea sebagai sumber nitrogen sangat penting dalam budidaya jagung karena berperan meningkatkan jumlah daun, pertumbuhan batang, dan produksi biji jagung. Pupuk TSP dan KCl juga diperlukan sebagai sumber fosfor dan kalium yang berperan penting dalam perkembangan akar, pembentukan bunga, dan kualitas hasil panen. Kombinasi pembenah tanah (biochar) dan pemupukan N, P, K diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara di tanah, meningkatkan nitrogen terangkut oleh tanaman, dan meningkatkan kesuburan tanah serta produktivitas tanaman jagung secara berkelanjutan.

Biochar sendiri merupakan hasil pirolisis bahan organik dari limbah pertanian atau perkebunan yang mudah didapatkan dan tersedia melimpah di Indonesia. Beberapa bahan sumber biochar yang umum digunakan adalah sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong. Biochar sekam padi memiliki kandungan karbon sebesar 30%, N 0,64%, P 0,6%, dan K 2,60% (Mateus dkk., 2017), serta C-organik 15,42% dan rasio C/N 36,22 (Herman dan Salamah, 2020). Biochar tongkol jagung mengandung karbon sebesar 71,62%, C-organik 70,25%, N-total 1,20%, P 0,18%, dan K 0,78% (Sukmawati, 2020; Suhartarto dkk., 2019).

Sedangkan biochar batang singkong mengandung N-total 0,84%, C-organik 31,28%, P 0,21%, dan K 0,94% (Aini dkk., 2022; Islami, 2012), sehingga memiliki potensi besar untuk meningkatkan unsur hara tanah. Alur kerangka pemikiran pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran akhir pengaruh aplikasi bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K.

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Bahan pembenah tanah (biochar batang singkong dan pupuk kandang sapi) dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut lebih tinggi daripada tanpa pembenah tanah ,biochar sekam padi , maupun biochar tongkol jagung;
- (2) Pemupukan N, P, K satu kali dosis dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut lebih tinggi daripada pemupukan N, P, K dosis setengah kali dosis maupun tanpa pemupukan;
- (3) Kombinasi bahan pembenah tanah (biochar batang singkong dan pupuk kandang sapi) dan pemupukan N, P, K satu kali dosis dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut tertinggi daripada kombinasi lainnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Jagung

Tanaman jagung merupakan salah satu jenis tanaman pangan yang tergolong dari keluarga rumput-rumputan yang kuat, sedikit berumpun dengan batang kasar, memiliki tinggi berkisar 0,6-3 m, dan berbiji tunggal (monokotil), serta termasuk tanaman tipe C4 yang sangat membutuhkan penyinaran dengan intensitas yang cukup tinggi (Herlina dan Fitriani, 2017). Jamidi dkk. (2022) menyatakan bahwa tanaman jagung termasuk dalam Kingdom Plantae, yang mencakup seluruh tumbuhan. Jagung merupakan bagian dari Divisi *Spermatophyta*, yang meliputi tumbuhan berbiji, dan tergolong dalam Subdivisi *Angiospermae*, yang mencakup tumbuhan berbiji tertutup. Pada tingkat kelas, jagung masuk dalam *Monocotyledone*, atau tumbuhan berkeping satu. Selanjutnya, tanaman ini tergolong dalam Ordo *Graminae* dan Famili *Graminaceae*, yang dikenal sebagai kelompok tumbuhan rumput-rumputan. Jagung memiliki genus *Zea* dan spesies *Zea mays* L.. Taksonomi ini menunjukkan bahwa jagung adalah tanaman penting dari kelompok rumput yang berbiji tunggal, serta memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai sumber pangan dan bahan baku industri.

Tanaman jagung juga merupakan salah satu tanaman pangan yang menempati posisi penting untuk mendukung perekonomian nasional. Hal tersebut dikarenakan tanaman jagung yang juga menjadi sumber karbohidrat dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan, pakan, ternak unggas, dan ternak ikan (Reavindo dan Bangun, 2016). Tanaman jagung dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang memiliki iklim sedang atau subtropik hingga tropis yang basah yaitu di daerah yang terletak antara 50<sup>0</sup> LU hingga 0-40<sup>0</sup> LS dengan penyinaran matahari yang penuh dan dapat tumbuh di suhu antara 21<sup>0</sup>C-34<sup>0</sup>C.

Namun, tanaman jagung akan tumbuh optimal pada suhu berkisar antara 23<sup>0</sup>C-27<sup>0</sup>C. Selain itu, tanaman jagung akan tumbuh baik pada daerah dengan curah hujan berkisar antara 200 mm-300 mm per bulan atau 800-1200 mm per tahun, pH tanah berkisar antara 5,6-6,2, dan drainase yang baik serta ketersediaan air yang cukup. Riwandi, dkk. (2014) menyatakan semua jenis tanah pertanian dapat digunakan untuk budidaya tanaman jagung. Namun, tanaman jagung pertumbuhannya lebih baik pada jenis tanah lempung, lempung berpasir, lempung berdebu, lempung berliat, dan lempung liat berdebu.

## **2.2 Tanah Ultisol**

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti di Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara (53.000 ha). Tanah ini dapat dijumpai pada berbagai relief, mulai dari datar hingga bergunung (Prasetyo dkk., 2022).

Tanah Ultisol adalah tanah masam yang mempunyai kejenuhan basa rendah dan terjadi akumulasi liat di bawah horizon. Epipedon penciri pada tanah Ultisol adalah okrik atau umbrik dan di horizon bawah dijumpai argilik atau kandik yang lebih masam dari pada horizon atas. Tanah Ultisol memiliki kesuburan alami yang relatif rendah, berwarna kekuningan atau kemerahan akibat pembentukan Fe oksida. Tanah Ultisol mempunyai pH rata-rata < 4,50, kejenuhan Al tinggi, fiksasi P tinggi, miskin kandungan unsur hara makro terutama P, K, Ca, Mg, dan KTK rendah serta kandungan bahan organik yang rendah (Prasetyo dkk., 2022).

## **2.3 Karakteristik Biochar**

Biochar adalah bahan padat kaya karbon hasil konversi dari limbah organik (biomas pertanian) melalui proses *pyrolysis* (pembakaran tidak sempurna atau

pasokan oksigen terbatas). Pirolisis adalah proses termokimia dengan perombakan yang merubah struktur rantai karbon panjang menjadi rantai karbon pendek (Falah Rizkasumarta, 2021). Pirolisis biomassa dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain komposisi masing-masing komponen lignoselulosa, ukuran, laju pemanasan dan sebagainya (Febriyanti dkk., 2019)

Minat penelitian biochar telah tumbuh secara nyata sejak tahun 2000, ditentukan oleh studi awal tanah Terra Preta dataran Amerika tepatnya di Amazon yang menunjukkan potensi pembenah tanah biochar secara bersamaan meningkatkan berbagai sifat tanah dan dengan demikian meningkatkan hasil pertanian, sekaligus dalam jangka panjang berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim (Glaser dkk., 2002). Terra preta adalah jenis tanah antropogenik yang sangat gelap dan subur yang ditemukan di Cekungan Amazon. Ia juga dikenal sebagai "bumi gelap Amazon" atau "bumi hitam Indian" (Lehmann dan Rondon, 2006).

Konsep *the dark earth* atau *terra preta* menjadi konsep kuno yang kini mulai banyak digunakan kembali dalam sektor pertanian. Bangsa *Amerindian* telah menerapkan konsep ini ratusan bahkan ribuan tahun lalu di lembah Amazon, Brazil (Lehmann, 2007). *Terra preta* adalah tanah hitam yang subur dikarenakan penambahan *biochar* sebagai pembenah tanah (Adimiharja, 2008). Tingginya kandungan bahan organik dan retensi hara pada kandungan karbon hitam *biochar* menyebabkan kesuburan tanah *terra preta* (Lehmann dan Rondon, 2006).

Berbagai jenis *biochar* dihasilkan dari sisa-sisa bahan baku termasuk residu kayu, jerami tanaman, kotoran hewan, limbah lumpur, dan limbah makanan yang dipirolisis pada suhu (suhu perawatan tertinggi) mulai dari sekitar 350°C hingga lebih dari 750°C. Sifat *biochar* sangat bervariasi, sebagian besar ditentukan oleh bahan baku, tinggi suhu pembuatan, dan waktu tempuh di suhu pembuatan tertinggi, serta perlakuan yang diterapkan sebelum dan sesudah pirolisis (Schimmelpfennig dan Glaser, 2012). Ippolito dkk. (2020) mengemukakan bahwa bahan baku berbasah dasar kayu umumnya menghasilkan *biochar* dengan luas permukaan tertinggi, bahan baku berbasis jerami memberikan nilai tukar kation

tertinggi, dan bahan baku pupuk kandang menghasilkan *biochar* dengan kandungan N dan P tertinggi. Pembakaran di atas 500°C memproduksi *biochar* yang lebih persisten pada tanah, dengan kadar abu dan pH yang lebih tinggi.

Hasil studi menunjukkan bahwa *biochar* memiliki dampak terhadap sifat fisika, biologi, dan kimia tanah pada pertumbuhan tanaman. *Biochar* umumnya menurunkan keasaman tanah dan meningkatkan kapasitas penyangga; meningkatkan C-organik terlarut dan total, KTK, unsur hara yang tersedia, retensi air, dan stabilitas agregat; dan mengurangi bulk density (El-Naggar dkk., 2019). *Biochar* dapat meningkatkan aktivitas mikroba, mempercepat siklus hara, dan mengurangi pencucian (*leaching*) dan penguapan nitrogen.

Unsur hara dapat dipertahankan oleh *biochar* khususnya melalui mekanisme penyerapan nitrogen, dilepaskan saat pupuk larut, unsur hara siap tersedia di tanah, serta mengurangi kehilangan unsur hara melalui *leaching* (Haider dkk., 2020). Hasil studi menemukan bahwa pencucian N dikurangi oleh *biochar* rata-rata sebesar 26%, meskipun dapat meningkatkan penguapan amonia pada tingkat aplikasi *biochar* >40 Mg ha<sup>-1</sup> dan dengan *biochar* pH > 9 (Haider dkk., 2020). *Biochar* dapat mempercepat mineralisasi bahan organik dan siklus hara, dan kolonisasi Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) pada akar, yang dapat meningkatkan serapan N dan P oleh tanaman dan juga dapat meningkatkan pertumbuhan akar di bawah cekaman air (Mickan dkk., 2016). Adsorpsi eksudat akar oleh *biochar* dapat menyebabkan pelarutan senyawa mineral di dalam pori-pori *biochar* (Wang dkk., 2020), yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara, dan dapat menghasilkan situs adsorpsi tambahan untuk molekul organik (Prendergast-Miller dkk., 2014).

Pemanfaatan *biochar* dalam bidang pertanian berkaitan dengan unsur hara dan persistensinya yang tinggi. *Biochar* juga menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah misalnya bakteri yang membantu dalam perombakan unsur hara agar unsur hara tersebut dapat diserap oleh tanaman, dalam jangka panjang

*biochar* tidak mengganggu keseimbangan karbon dan nitrogen bahkan mampu menahan air dan unsur hara menjadi lebih tersedia bagi tanaman (Berutu dkk., 2019).

*Biochar* memiliki karakteristik stabilitas yang lebih tinggi terhadap dekomposisi dan mampu menyerap ion dengan baik dibandingkan bahan organik lainnya karena luas permukaan yang lebih luas, permukaan negatif, dan kerapatan (Widowati, 2012). Hal ini juga dinyatakan oleh Heryani dkk. (2018) bahwa *biochar* memiliki gugus fungsional fenolik, karboksil, dan hidroksil yang bereaksi dengan ion  $H^+$  dalam tanah sehingga mengurangi konsentrasi  $H^+$  di larutan dan meningkatkan pH tanah. Menurut Suharyatun (2021), *biochar* bukan merupakan pupuk organik karena tidak dapat menambah unsur hara, tetapi kapasitas tukar kation (KTK) pada *biochar* tinggi sehingga mampu mengikat kation-kation tanah yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman.

## 2.4 Pupuk Urea

Pupuk Urea yang diaplikasikan satu kali sekaligus dapat menurunkan ketersediaan pupuk urea, karena tidak semua bentuk nitrogen pada pupuk urea dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Hal tersebut dikarenakan pupuk nitrogen dalam tanah mudah hilang dan kurang efektif dikarenakan unsur nitrogen mudah hanyut dari tanah akibat erosi, pencucian (*leaching*) dan mudah menguap oleh sinar matahari, sedangkan unsur hara yang diberikan ke dalam tanah belum sempat diserap oleh akar-akar tanaman sehingga tidak dapat menunjukkan pengaruhnya terhadap komponen hasil (Lihiang dan Lumingkewas, 2020).

Pemberian pupuk urea yang tidak tepat dapat menurunkan ketersediaan unsur hara nitrogen. Petani biasanya memupuk tanamannya dengan menggunakan pupuk urea, karena unsur hara nitrogen terkandung cukup tinggi yaitu 46%. Namun dalam praktiknya, cara pemberian dan waktu aplikasi pupuk urea masih kurang benar. Petani jagung lebih memilih pemberian urea pada saat tanam langsung sekaligus dibandingkan dengan pemberian urea secara bertahap dengan alasan

menghemat biaya tenaga kerja. Pupuk urea yang diaplikasikan satu kali dapat menurunkan ketersediaan unsur hara nitrogen karena banyak yang terbuang dan hanya sedikit unsur nitrogen yang dimanfaatkan oleh tanaman Jagung. Urea prill mudah menguap, larut dan tercuci sehingga hanya 30-50% saja yang dimanfaatkan oleh tanaman (Lihiang dan Lumingkewas, 2020).

Peningkatan dalam ketersediaan penggunaan pupuk nitrogen ialah dengan mengaplikasikan unsur hara nitrogen pada saat tanaman membutuhkannya. Hal tersebut karena nitrogen dapat mudah hilang terutama karena tercuci (*leaching*) dan menguap sehingga ketersediaan pemupukan urea rendah. Aplikasi nitrogen secara bertahap pada saat tanaman membutuhkannya dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Lihiang dan Lumingkewas, 2020).

## 2.5 Nitrogen

Unsur hara makro merupakan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif besar untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Unsur hara makro terdiri dari nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sedangkan unsur hara mikro diperlukan dalam jumlah yang lebih sedikit. Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro yang paling penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen diperlukan dalam pembentukan protein, klorofil, asam nukleat, dan senyawa lainnya yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tanaman. Nitrogen dapat berada dalam beberapa bentuk di dalam tanah, antara lain:

Nitrogen dalam tanah hadir dalam berbagai bentuk, masing-masing dengan karakteristik unik dan perannya dalam ekosistem tanah. Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) merupakan bentuk nitrogen yang stabil pada tanah dengan pH rendah, yang dapat ditambahkan melalui pupuk atau hasil dekomposisi bahan organik. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) adalah bentuk nitrogen yang lebih umum ditemukan, tetapi mudah tercuci oleh air, dan dihasilkan melalui oksidasi amonium oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) lebih jarang ditemukan, dihasilkan dari oksidasi

amonium oleh *Nitrosomonas*, dan selanjutnya dapat teroksidasi menjadi nitrat oleh *Nitrobacter*. Selain itu, nitrogen juga terdapat dalam bentuk organik, seperti protein dan asam amino dalam bahan organik, yang harus diubah menjadi bentuk anorganik oleh bakteri dekomposer sebelum dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Salah satu unsur hara yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung ialah nitrogen. Nitrogen berperan dalam pembentukan zat hijau daun, yang berperan pada proses fotosintesis tanaman. Tanaman jagung mengambil unsur hara nitrogen sepanjang fase hidupnya. Nitrogen diserap tanaman selama masa pertumbuhan sampai pematangan biji, sehingga tanaman ini menghendaki tersedianya N secara terus menerus pada semua fase pertumbuhan sampai pembentukan biji. Pemberian pupuk yang tepat selama pertumbuhan pada tanaman jagung akan meningkatkan produksi jagung (Lihiang dan Lumingkewas, 2020).

Nitrogen adalah unsur hara makro esensial yang sangat dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang cukup besar. Namun ketersediaannya dalam tanah sangat sedikit dan mudah hilang. Nitrogen sangat diperlukan oleh tanaman jagung khususnya untuk menunjang pertumbuhan akar, batang, dan daun pada fase vegetatif. Nitrogen berfungsi sebagai penyusun penting dari klorofil. Kandungan klorofil pada daun jagung dapat diketahui dengan pengukur tingkat kehijauan daun pada suatu tanaman. Tingkat kehijauan daun menunjukkan bahwa tanaman memiliki kadar nitrogen yang cukup serta menunjukkan kondisi pertanaman yang sehat (Lihiang dan Lumingkewas, 2020).

Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman yang lambat, daun yang kecil dan kuning, dan rendahnya produksi hasil panen. Sebaliknya, kelebihan nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif yang berlebihan, peningkatan rentan terhadap penyakit dan serangan hama, serta penurunan kualitas hasil panen. Beberapa sumber nitrogen yang umum digunakan dalam pertanian antara lain pupuk nitrogen, limbah organik, dan leguminosa seperti

tanaman kacang tanah. Penggunaan sumber nitrogen yang tepat dan manajemen pupuk yang baik sangat penting untuk memastikan ketersediaan nitrogen yang cukup untuk tanaman dan meminimalkan dampak negatif pada lingkungan.

Nitrogen merupakan unsur hara yang paling berlimpah di atmosfer, namun nitrogen merupakan unsur hara yang paling sering defisien pada tanah-tanah pertanian. Nitrogen merupakan unsur hara yang dibutuhkan paling besar jumlahnya dalam pertumbuhan tanaman. Nitrogen berperan penting dalam pembentukan senyawa-senyawa protein dalam tanaman. Sebagian besar nitrogen di dalam tanah berbentuk senyawa organik tanah dan tidak tersedia bagi tanaman. Fiksasi N organik ini sekitar 95% dari total N yang ada di dalam tanah. Nitrogen dapat diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (Pattidkk., 2013).

Nitrogen menjadi unsur hara utama bagi tanaman sehingga apabila kekurangan mengakibatkan tanaman tidak dapat tumbuh secara normal. Jumlah nitrogen dalam tanah cukup bervariasi, berkisar (0.02%-2.5%) untuk lapisan bawah dan (0.06%- 0.5%) pada lapisan atas. Unsur N mudah bergerak (*mobile*) dan berubah bentuk menjadi gas serta hilang melalui penguapan (*volatilizations*) dan pencucian (*leaching*). Ketersediaan pupuk N hanya sekitar (30- 40%) dari jumlah pupuk urea yang diaplikasikan ke tanah (Nainggolan dkk., 2009).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah FP Unila. Penelitian dilakukan pada Desember 2022 sampai dengan September 2024. Penanaman sampai panen dilakukan pada Desember 2022 sampai dengan April 2023

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, koret, timbangan, tali plastik, alat tulis, label, alat untuk kebutuhan analisis di laboratorium, dan alat-alat lain yang mendukung penelitian. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih jagung Bisi-18, berbagai jenis biochar (sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong), herbisida *roundup* dan *grownup*, pupuk Urea, TSP, dan KCl, dan sampel tanah, dan bahan-bahan lain yang mendukung penelitian.

#### 3.3 Metode Penelitian

Percobaan dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial (4x3) dan dilakukan ulangan sebanyak tiga kali. Faktor pertama adalah berbagai macam bahan pembenah tanah, yang terdiri dari 4 macam:

B0 : tanpa pembenah tanah

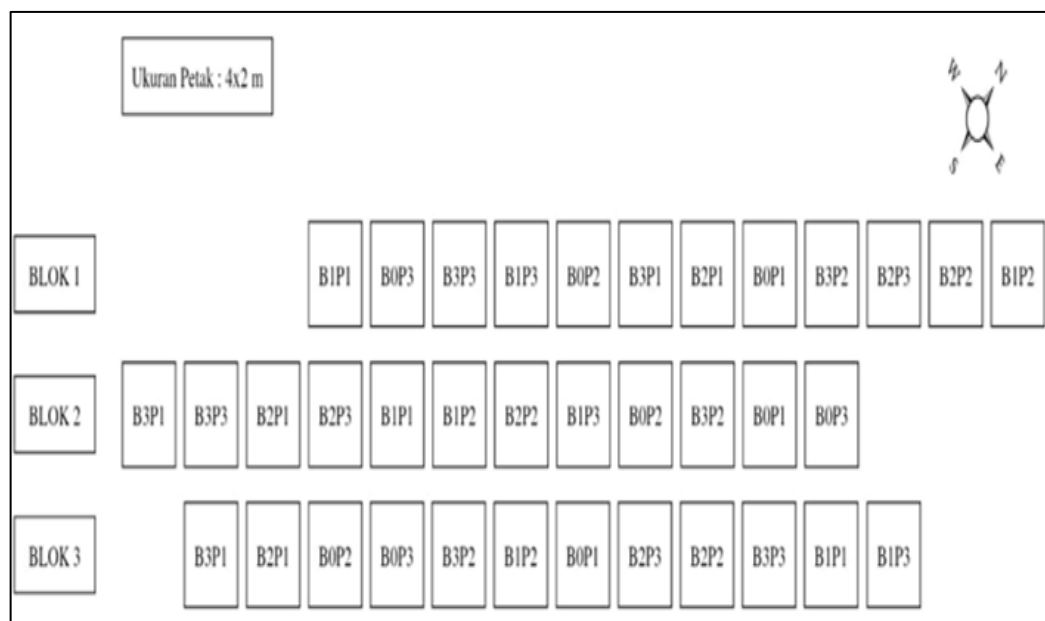
B1 : pembenah tanah (biochar sekam padi 5 ton ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 ton ha<sup>-1</sup>)

B2 : pembenah tanah biochar tongkol jagung 5 ton ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 ton ha<sup>-1</sup>  
 B3: pembenah tanah biochar batang singkong 5 ton ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 ton ha<sup>-1</sup>

Faktor kedua yaitu perlakuan pupuk N, P, K (Urea, TSP, KCl), yang terdiri dari:

P0 : tanpa Pemupukan N, P, K  
 P1 : ½ Dosis Pemupukan N, P, K  
 P2 : 1 Dosis Pemupukan N, P, K

Berdasarkan kedua faktor perlakuan, maka diperoleh dua belas kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan dikelompokkan sebanyak 3 kelompok dan total satuan percobaan adalah 4 x 3 x 3 sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Tata letak percobaan penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tata letak percobaan.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdapat sejarah penggunaan lahan, pembuatan biochar, persiapan lahan, pembuatan petakan percobaan, aplikasi bahan pembenah tanah,

penanaman jagung, pemupukan NPK, pengamatan tanaman, pemeliharaan tanaman, panen, dan pengambilan sampel.

### **3.4.1 Sejarah Penggunaan Lahan**

Lahan penelitian ini terletak di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan telah mengalami berbagai penggunaan dalam beberapa tahun terakhir. Pada periode 2015-2017, lahan ini digunakan untuk penelitian yang melibatkan pemberian perlakuan pupuk organonitrofos dan NPK dengan tanaman tebu. Selanjutnya, pada tahun 2017-2018, lahan ini digunakan untuk penelitian berbeda yang melibatkan perlakuan biochar sekam padi dan pemupukan fosfor dengan tanaman jagung. Setelah periode tersebut, lahan tidak digunakan lagi hingga tahun 2021. Pada tahun 2022, lahan ini kembali digunakan untuk penelitian dengan perlakuan berbagai jenis biochar dan pemupukan fosfor pada tanaman jagung.

### **3.4.2 Pembuatan Biochar**

Pembuatan biochar dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Limbah pertanian seperti sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong yang sudah tidak digunakan oleh petani dimanfaatkan untuk pembuatan biochar. Pembuatan biochar sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong dilakukan menggunakan cara tradisional dimana menggunakan alat yang sederhana yaitu kawat kasa dengan ukuran lubang 1 cm x 1 cm, tinggi 1,5 m, dan lebar 1 m yang dibentuk menjadi seperti tabung sebagai alat pembakaran.

Menurut Widiastuti dan Bonny (2017), pembuatan biochar menggunakan metode *retort klin*, biochar dibuat dengan cara dibuat gundukan sekam padi, tongkol jagung, batang singkong mengelilingi kawat pembakaran yang berada pada posisi tengah gundukan, dimasukkan bahan bakar seperti arang kayu, kertas, plastik, serasah kering tumbuhan sekitar, dan sebagainya ke dalam kawat pembakaran

kemudian dibakar menggunakan korek api, ditunggu selama  $\pm$  20-30 menit atau saat puncak gundukan menghitam. Lalu naikkan sekam, tongkol jagung, dan batang singkong yang masih berwarna cokelat dibawah ke puncak gundukan yang sudah hitam, lakukan terus hingga semua bahan menghitam, disiram gundukan dengan air saat sudah hitam merata untuk menghentikan proses pembakaran sehingga bahan biochar tidak menjadi abu, dan dibongkar gundukan biochar sekam, tongkol jagung, batang singkong yang sudah jadi dan keringkan di bawah sinar matahari.

### **3.4.3 Persiapan Lahan**

Persiapan lahan dilakukan dengan mengukur terlebih dahulu luas lahan yang dibutuhkan menggunakan meteran. Dalam penelitian ini digunakan lahan seluas sekitar 27 m x 14 m yang ditandai dengan memberi penanda dari bambu dan tali rafia. Gulma yang menutupi lahan Pertanian dibabat menggunakan pemotong rumput agar lahan sesuai untuk ditanami kembali oleh tanaman jagung.

Setelah itu, dilakukan pembakaran pada serasah gulma yang sudah dipotong sambil tetap dijaga agar api tidak merambat ke tempat yang tidak seharusnya. Pembakaran tersebut dilakukan agar gulma yang masih ada karena tidak terpotong oleh pemotong rumput bisa ikut terbakar dan mati.

### **3.4.4 Pembuatan Petakan Percobaan**

Petak percobaan dibuat dengan diukur terlebih dahulu sesuai tata letak percobaan dengan luas petak 4 m x 2 m. Selanjutnya, diberi tanda pada setiap petak percobaan yaitu sebanyak 36 petakan menggunakan penanda bambu dan tali rafia. Saat petak percobaan sudah ditentukan, selanjutnya diolah tanah pada tiap-tiap petak. Percobaan menggunakan cangkul agar tanah untuk pertanian menjadi gembur.

### 3.4.5 Aplikasi Bahan Pembenh Tanah

Aplikasi bahan pembenh tanah yaitu kombinasi biochar dan pupuk kandang sapi dilakukan setelah pengolahan tanah terakhir dan pembuatan petak selesai.

Aplikasi dilakukan pada tiap larik tanaman. Selanjutnya, bahan pembenh tanah ditutup kembali menggunakan tanah bagian atas. Berikut ini tabel dosis aplikasi bahan pembenh tanah pada Tabel 1.

Tabel 1. Dosis Bahan Pembenh Tanah

No	Jenis Pembenh Tanah	Dosis	Kadar Air
1	Biochar Sekam Padi	5 ton ha <sup>-1</sup>	7,0%
2	Biochar Tongkol Jagung	5 ton ha <sup>-1</sup>	18,0%
3	Biochar Batang Singkong	5 ton ha <sup>-1</sup>	15,0%
4	Pupuk Kandang Sapi	5 ton ha <sup>-1</sup>	51,7%

Setelah itu, tanah diolah kembali dengan cara dicangkul pada saat pengolahan tanah terakhir. Pencampuran bahan pembenh dengan tanah perlu dilakukan agar terjadi interaksi dengan tanah dan untuk menghindari hilangnya bahan pembenh terbawa angin. Aplikasi bahan pembenh dilakukan dengan dosis 5 ton ha<sup>-1</sup> sesuai dengan perlakuan yaitu B0 tanpa pembenh tanah, B1, B2, B3 sebesar (5 ton ha<sup>-1</sup>) dan pupuk kandang sapi sebesar (5 ton ha<sup>-1</sup>). Selanjutnya lahan dibiarkan selama 7 hari sebelum ditanami Jagung. Hal ini bertujuan agar bahan pembenh yang diaplikasikan sudah berkaitan dengan tanah sehingga tidak mudah terbawa oleh aliran permukaan dan telah melewati masa aklimatisasi

### 3.4.6 Penanaman Jagung

Benih jagung yang ditanam diseleksi terlebih dahulu dengan cara merendamnya dengan air. Benih yang tenggelam digunakan untuk ditanam, sedangkan benih yang terapung dibuang. Sebelum ditanam, lubang tanam diberi dengan furudan untuk menghindari serangan hama. Penanaman dilakukan satu minggu setelah aplikasi biochar dan pupuk kandang dengan jarak tanam 75 cm x 20 cm. Panjang petak menyisakan 25 cm sehingga disisakan masing-masing 12,5 cm atas dan

bawah pada petak. Berdasarkan luas petakan dan jarak tanam yang sudah diketahui sebelumnya, dapat dihitung jumlah lubang tanam di setiap petakan yaitu sekitar 40 lubang tanam. Tiap lubang tanam memiliki kedalaman sekitar 5-20 cm yang diisi 2 benih di setiap lubang. Lubang tanam dibuat dengan cara ditugal menggunakan kayu penugal.

### 3.4.7 Pemupukan N, P, K

Dosis pemupukan untuk N, P dan K menurut Murni (2008) yaitu N : 200 kg ha<sup>-1</sup> ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 100 kg ha<sup>-1</sup> ; dan K<sub>2</sub>O : 120 kg ha<sup>-1</sup>. Dosis Pemupukan N, P, K. Aplikasi pupuk dibagi dalam tiga jenis yaitu P<sub>0</sub> tanpa dosis pemupukan, P<sub>1</sub> dengan ½ dosis, selanjutnya P<sub>2</sub> dengan 1 dosis pada Tabel 2.

Tabel 2. Dosis Pemupukan N, P, K

No	Jenis Pupuk	P <sub>1</sub> (dosis ½)	P <sub>2</sub> (dosis 1)
1	Urea	100 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>
2	TSP	50 kg ha <sup>-1</sup>	100 kg ha <sup>-1</sup>
3	KCl	60 kg ha <sup>-1</sup>	120 kg ha <sup>-1</sup>

Pupuk TSP dan KCl diberikan sebanyak satu kali selama masa tanam pada umur tanaman 7 hst. Sedangkan, pupuk Urea dilakukan dalam dua tahap pemupukan. Pemupukan pertama diberikan pada 7 hst dan pemupukan kedua diberikan pada saat fase vegetatif maksimum.

Pemupukan dilakukan dengan mencampurkan semua jenis pupuk yang diberikan pada waktu yang bersamaan. Pemupukan dilakukan dengan ditugal sedalam 5 cm dan berjarak 10 cm dari tanaman, kemudian lubang ditutup dengan tanah (Andarias MM, 2008).

### **3.4.8 Pengamatan Tanaman**

Pengamatan yang dilakukan pada tanaman jagung meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh aplikasi beberapa jenis biochar dan pemupukan N, P, K terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Pengamatan dilakukan terhadap 5 sampel tanaman jagung di 36 petak percobaan, sehingga terdapat total 180 sampel pengamatan yang dilakukan sejak 1 minggu setelah tanam. Sampel pengamatan yang diambil ialah tanaman yang berada di baris 2, 3, dan 4 yang mana setiap baris diambil 2 tanaman secara acak karena lebih optimal mendapat perlakuan dan tidak terpengaruh oleh keadaan lingkungan diluar petakan.

### **3.4.9 Pemeliharaan Tanaman**

Pemeliharaan tanaman jagung yang dilakukan meliputi beberapa kegiatan yaitu penyiraman yang dilakukan pada pagi atau sore hari. Penyiangan gulma yang dilakukan setiap ada gulma yang muncul. Penyulaman yang dilakukan apabila ada bibit jagung yang tidak tumbuh atau mengalami kerusakan. Pembumbunan untuk memperkokoh tanaman, dan pengendalian hama penyakit jagung yang dilakukan hanya saat dibutuhkan.

### **3.4.10 Panen**

Jagung dipanen pada umur sekitar 100 sampai 135 hari setelah tanam dengan tanda-tanda seperti biji sudah matang, daun, dan klobot sudah mulai mengering (daun sudah dapat dibakar). Pemanenan dilakukan dengan alat parang dengan cara memotong batang. Selanjutnya, dikumpulkan dan diambil buahnya. Setelah itu, memisahkan bagian isi dengan klobot dan kemudian jagung dijemur (Khalil dan Anwar, 2006).

### 3.4.11 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel meliputi pengambilan sampel tanah dan jaringan tanaman jagung (brangkasan dan klobot tanpa akar). Pengambilan sampel tanah meliputi pengambilan sampel tanah awal dan akhir (sebelum aplikasi dan setelah panen). Pengambilan sebelum aplikasi yaitu sampel tanah diambil dari tiga ulangan per blok menggunakan cangkul dan sekop. Sampel tanah dikomposit dan disaring hingga lolos ayakan 2 mm kemudian dianalisis di laboratorium.

## 3.5 Variabel Utama

Variabel utama yang diamati pada penelitian ini adalah nitrogen tanah dan nitrogen terangkut tanaman.

### 3.5.1 Analisis Nitrogen

Adapun cara kerja analisis tanah dari penetapan N-Total dengan metode Kjeldahl adalah sebagai berikut. Pertama, dilakukan *destruksi* dengan menimbang sekitar 2 gram contoh tanah dan memasukkannya ke dalam labu Kjeldahl berukuran 250 ml. Kemudian, tambahkan sedikit campuran selen, serta 7 ml asam sulfat pekat. Panaskan campuran tersebut di atas alat destruksi, mulai dengan api kecil dan kemudian diperbesar sampai asap hilang dan warna larutan menjadi kehijauan atau tidak berwarna. Setelah itu, larutan diangkat dan didinginkan.

Langkah selanjutnya adalah *destilasi*. Setelah larutan dalam labu Kjeldahl menjadi dingin, larutkan dengan 100 ml aquades ke dalam labu ukur. Ambil erlenmeyer berukuran 100 ml, lalu isi dengan 10 ml asam borak dan tambahkan 3 tetes indikator Conway. Tempatkan erlenmeyer di bawah pendingin destilasi sehingga ujung alat pendingin tercelup di bawah permukaan asam. Larutan hasil destruksi ke dalam labu Kjeldahl ukuran 500 ml, tambahkan 100 ml aquades dan 10 ml NaOH 40%, dengan penambahan NaOH melalui dinding labu. Penyulingan dihentikan setelah volumenya mencapai 150 ml. Setelah destilasi selesai, ambil erlenmeyer dan

matikan alat destilasi. Bilas alat pendingin dengan aquades di bagian ujung atas dan bawahnya. Terakhir, dilakukan *titrasi*. larutan dalam erlenmeyer dititrasi dengan asam sulfat 0,1 N sampai warnanya berubah menjadi merah. Hasil titrasi kemudian dicatat menggunakan rumus berikut:

### Nitrogen Total Tanah

$$\text{Nitrogen Total \%} = \frac{(V_c - V_b) \times N \times 14 \times p}{\text{mg contoh}} \times 100\%$$

Keterangan:

$V_c$  : mL titran contoh

$V_b$  : mL titran *blanko*

$N$  : Normalitas larutan penitar

14 : bobot setara nitrogen

$P$  : faktor pengenceran

### Nitrogen Terangkut Tanaman

$$Na = \frac{N \times BK}{100}$$

Keterangan:

$Na$  : N tanaman (gram N tanaman<sup>-1</sup>)

$N$  : kadar N (%)

$BK$  : bobot kering tanaman (gram tanaman<sup>-1</sup>)  
(Sulaeman dkk., 2005).

### 3.6 Variabel Pendukung

Variabel pendukung yang diamati dalam penelitian ini meliputi pH tanah, dan kandungan C-organik tanah. Ketiga variabel tersebut dianalisis untuk mendukung pemahaman terhadap hasil penelitian.

### 3.6.1 Analisis pH Tanah

Nilai pH tanah dihitung dengan metode Elektrometrik yaitu menggunakan pH meter di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengukuran pH dilakukan dengan alat pH meter, perbandingan tanah dan aquades yaitu 1 : 2,5. Tanah yang digunakan yaitu tanah kering udara yang lolos ayakan 2 mm. Adapun tahapan yaitu ditimbang tanah sebanyak 5 gram lalu dimasukkan ke dalam botol sampel dan ditambah dengan 12,5 ml air destilata (larutan pereaksi), kemudian dikocok selama 30 menit menggunakan mesin pengocok (*shaker*), lalu didiamkan sebentar dan diukur dengan pH meter. Dilanjutkan pengukuran dengan prosedur yang sama menggunakan larutan KCl 1 N sebagai larutan pereaksinya (Novia dan Fajriani, 2021).

### 3.6.2 Analisis C-organik Tanah

C-organik atau karbon organik adalah kadar karbon yang terdapat dalam bahan organik tanah, sehingga karbon organik mencerminkan kehadiran bahan organik di dalam tanah (Nopsagiarti, dkk., 2020). Sebagai komponen yang signifikan C-organik dapat mempengaruhi karakteristik tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Fungsinya meliputi memberikan sumber energi bagi mikroorganisme tanah dalam dekomposisi serta memicu ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Kadar C-organik cenderung tinggi ketika kandungan bahan organik di tanah melimpah.

Analisis C-organik dilakukan berdasarkan bahan organik yang mudah teroksidasi dengan metode *Walkley and Black* yaitu menimbang 0,5 g tanah kering udara kemudian tempatkan dalam Erlenmeyer 500 ml, lalu ditambahkan 5 ml  $K_2Cr_2O_7$  N dengan pipet sambil menggoyangkan erlenmeyer perlahan-lahan agar berlangsung pencampuran dengan tanah, kemudian 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, diencerkan dengan dengan 100 ml air destilata, ditambahkan 5 ml asam fosfat

pekat, 2,5 ml larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenil amin, selanjutnya dititrasi dengan larutan  $((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2)$  0,5 N hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh. Lalu titrasi hingga mencapai titik akhir, yaitu saat warna berubah menjadi hijau terang dan Penetapan *blanko* dilakukan sama seperti cara kerja di atas, tetapi tanpa menggunakan contoh tanah.

$$\% \text{ C - organik} = \frac{N \times \text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times \left(1 - \frac{VS}{VB}\right)}{\text{Berat sampel tanah}} \times 0,3886 \%$$

Keterangan:

VB: ml titrasi *blanko*

VS: ml titrasi sampel

### 3.7 Analisis Data

Analisis Data pengamatan dilakukan uji homogenitas ragam dengan uji Bartlett, lalu uji aditivitas menggunakan uji Tukey. Data yang memenuhi asumsi kemudian dianalisis pengaruhnya menggunakan analisis ragam (Anova). Perbedaan nilai tengah perlakuan diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

- (1) Bahan pembenah tanah (biochar + pupuk kandang sapi) mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah dan nitrogen terangkut pada tanaman jagung. Pembenah tanah (biochar batang singkong + pupuk kandang sapi) dapat meningkatkan kandungan nitrogen total tanah. Sementara itu, pembenah tanah (biochar batang singkong + pupuk kandang sapi) dapat meningkatkan nitrogen terangkut brangkasan dan pipilan. Sedangkan pembenah tanah (biochar sekam padi + pupuk kandang sapi) dapat meningkatkan nitrogen terangkut tongkol;
- (2) Pemupukan N, P, K mampu meningkatkan nitrogen terangkut pada tanaman jagung. Pemupukan N, P, K setengah dosis meningkatkan nitrogen terangkut brangkasan, sedangkan pemupukan N, P, K satu dosis meningkatkan nitrogen terangkut tongkol dan pipilan;
- (3) Interaksi antara bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K menunjukkan hasil yang bervariasi dalam meningkatkan nitrogen terangkut pada tanaman jagung. Interaksi antara pembenah tanah (biochar batang singkong + pupuk kandang sapi) dan pemupukan setengah dosis N, P, K meningkatkan nitrogen terangkut brangkasan. Interaksi antara pembenah tanah (biochar sekam padi + pupuk kandang sapi) dan pemupukan satu dosis N, P, K meningkatkan nitrogen terangkut tongkol. Interaksi antara pembenah tanah (biochar batang singkong + pupuk kandang sapi) dan pemupukan satu dosis N, P, K meningkatkan nitrogen terangkut pipilan.

## 5.2 Saran

Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemberian berbagai macam biochar dan pupuk N,P,K terhadap ketersediaan nitrogen dan nitrogen terangkut untuk mengetahui pengaruh jangka panjang terutama dari pemberian berbagai macam bahan baku biochar terhadap ketersediaan nitrogen dan nitrogen terangkut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adimiharja, A. 2008. *Teknologi dan Strategi Konservasi Tanah dalam Kerangka Revitalisasi Pertanian*. Pengembangan Inovasi Pertanian. Bandung. 200 hlm.
- Aini, S. N., Setiawan, R., dan Lumbaraja, J. 2022. Produksi hara N dan P terangkut akibat aplikasi berbagai jenis biochar dan pupuk P pada pertanaman jagung manis (*Zea Mays Saccharata Sturt.*) di tanah Ultisol Natar Lampung Selatan. *Journal of Tropical Upland Resources*. 04(01): 18-39.
- Andarias MM, R. W. 2008. *Teknologi Budidaya Jagung Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta. 822-826 hlm.
- Aswiguna, S., Sarno, S., Afrianti, N. A., dan Supriatin, S. 2022. Pengaruh pemberian biochar batang singkong dan pemupukan P terhadap serapan hara N dan K pada tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(3): 455-456.
- Benu, F., dan Mudiata, I. 2013. *Revisitasi Lahan Kering*. Diskusi Ringan Seputar Lahan Kering dan Pertanian Lahan Kering. JP II Publishing House. Bandung. 82 hlm.
- Berutu, R. K., Aziz, R., dan Hutapea, S. 2019. Pengaruh pemberian berbagai sumber biochar dan berbagai pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan produksi jagung hitam (*Zea mays L.*). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 1(1): 16-25.
- BPS. 2023. *Berita resmi statistik: luas panen dan produksi jagung di Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 3 hlm.
- El-Naggar, A., Lee, S. S., Rinklebe, J., Farooq, M., Song, H., Sarmah, A. K., Zimmerman, A. R., Ahmad, M., Shaheen, S. M., dan Ok, Y. S. 2019. Biochar application to low fertility soils: A review of current status, and future prospects. *Geoderma*. 37(18): 536-554.

- Eviati, Sulaeman, Herawaty, L., Anggria, L., Usman, Tantika, H. E., Prihatini, R., dan Wuningrum, P. 2023. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk Edisi 3*. Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. Bogor. 234 hlm.
- Falah Rizkasumarta. 2021. Aplikasi biochar tandan kosong kelapa sawit sebagai media tanam untuk meningkatkan pertumbuhan semai sengon (*Falcataria Moluccana*). *Jurnal Penelitian Kehutanan Gorontalo*. 5(1): 1-89.
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya, A. S., Bindar, Y., dan Irawan, A. 2019. Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi bio-char, bio-oil dan gas dengan metode pirolisis. *Jurnal Chemurgy*. 3(2): 12.
- Fitriatin, B. N., Yuniarti, A., Turmuktini, T., dan Ruswandi, F. K. 2014. The effect of phosphate solubilizing microbe producing growth regulators on soil phosphate, growth and yield of maize and fertilizer efficiency on ultisol. *Eurasian Journal of Soil Science*. 3(2): 101.
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati biochar sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*. 4(1): 33-48.
- Glaser, B., Lehmann, J., dan Zech, W. 2022. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - A review. *Biology and Fertility of Soils*. 35(4): 219-230.
- Habib, A. 2013. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi jagung. *Agrium*. 18(1): 79-87.
- Haider, G., Joseph, S., Steffens, D., Müller, C., Taherymoosavi, S., Mitchell, D., dan Kammann, C. I. 2020. Mineral nitrogen captured in field-aged biochar is plant-available. *Journal Scientific Reports*. 10(1): 1-12.
- Herlina, N. dan, dan Fitriani, W. 2017. Pengaruh persentase pemangkasan daun dan bunga jantan terhadap hasil tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Biodjati*. 2(2): 115-125.
- Herman, W., dan Salamah, U. 2020. Peranan kombinasi biochar sekam padi dan mikoriza terhadap pertumbuhan jagung manis (*Zea Mays var. Saccharata sturt*) di Entisols. *Seminar Nasional Virtual*. 2(4): 159-167.
- Heryani, U., Hidayat, B., dan Mukhlis. 2018. Pemanfaatan beberapa jenis biochar untuk mempertahankan N-total tanah Inceptisol. *Jurnal Pertanian Tropik*. 5(3): 374-381.

- Ippolito, J. A., Cui, L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, J. M., Fuertes-Mendizabal, T., Cayuela, M. L., Sigua, G., Novak, J., Spokas, K., dan Borchard, N. 2020. Feedstock choice, pyrolysis temperature and type influence biochar characteristics: a comprehensive meta-data analysis review. *Journal of Biochar*. 2(4): 421-438.
- Islami, T. 2012. Pengaruh residu bahan organik pada tanaman jagung (*Zea mays L.*) sebagai tanaman sela pertanaman ubi kayu (*Manihot esculenta L.*). *Buana Sains*. 12(1): 131-136.
- Iswanto, I., Budiarty, B., Budiman, Y. A., Saidil, S., Kadri, M. A., dan Pratama, A. R. 2023. Pemanfaatan limbah penyulingan tanaman nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) sebagai bahan baku briket di Desa Sadar Kabupaten Bone. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(1): 51-56.
- Jamidi, J., Usnawiyah, U., dan Wijaksono, A. 2022. Karakteristik agronomi beberapa varietas tanaman jagung (*Zea mays L.*) akibat pemberian kompos kulit biji kopi (*coffea*). *Jurnal Agrium*. 19(2): 131-134.
- Kasno, A., dan Rostaman, T. 2013. Serapan hara dan peningkatan produktivitas jagung dengan aplikasi pupuk NPK majemuk. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32(3): 179-186.
- Kaya, Y., Latuconsina, H., dan Bugis, R. 2014. Pengaruh pupuk kandang dan pupuk NPK terhadap pH dan K-tersedia tanah serta Serapan-K, pertumbuhan, dan hasil padi sawah (*Oryza sativa L.*). *Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*. 4(1): 45-52.
- Kiswati, E.D. 2012. Pengaruh pupuk urea terhadap pertumbuhan tanaman urea. Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Pertanian*. 6(1): 73-75.
- Khalil, K., dan Anwar, S. 2006. Penanganan pascapanen dan kualitas jagung sebagai bahan pakan di Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*. 11(1): 36-39.
- Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(7): 1-6.
- Lehmann, J., dan Rondon, M. 2006. *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. Taylor dan Francis. London. 204 hlm.
- Lihang, A., dan Lumingkewas, S. 2020. Ketersediaan waktu pemberian pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan produksi jagung lokal kuning. *Sainsmat : Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*. 9(2): 144-148.
- Mateus, R., Kantur, D., dan Moy, D. M. 2017. Utilization of agricultural biochar waste as soil conditioner for improved. *Jurnal Agrotrop*. 7(2): 99-108.
- Mickan, B. S., Abbott, L. K., Stefanova, K., dan Solaiman, Z. M. 2016.

- Interactions between biochar and mycorrhizal fungi in a water-stressed agricultural soil. *Mycorrhiza*. 26(6): 565-574.
- Milne, E., D. S. Polwson, dan C. E. Cerri. 2007. Soil carbon stocks at regional scales (preface). *J. Agriculture Ecosystem and Environmental*. 122:1-2.
- Murni, A. M. 2008. Menentukan kebutuhan nitrogen, fosfor dan kalium untuk tanaman jagung berdasarkan target hasil dan efisiensi agronomik pada lahan kering Ultisol Lampung. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 10(2): 46-49.
- Nainggolan, G. D., Suwardi, dan Darmawan. 2009. Pola pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (*slow release fertilizer*) urea - zeolit - asam humat. *Journal Zeolit Indonesia*. 8(2): 89-96.
- Nopsagiarti, T., D. Okalia., G Marlina. 2020. Analisis C-organik, Nitrogen dan C/N tanah pada lahan agrowisata Beken Jaya. Kabupaten Sanggigi Padang-Provinsi Sumatra Barat. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 5(1): 11-18.
- Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 106 hlm.
- Novia, W, dan Fajriani. 2021. Analisis perbandingan kadar keasaman (ph) tanah sawah menggunakan metode kalorimeter dan elektrometer di Desa Matang Setui. *Jurnal Hadron*. 3(1): 10-12.
- Patti, P. S., Kaya, E., dan Silahooy, C. 2013. Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Agrologia*. 2(1): 51-58.
- Prasetyo, D., Fajarindo, F., Sarno, S., Supriatin, S., dan Syam, T. 2022. Aplikasi biochar batang singkong dan pemupukan fosfat pada tanah Ultisol terhadap P tersedia, pertumbuhan, dan produksi jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(2): 329.
- Prendergast Miller, M.T., Duvall, M., dan Sohi, S.P. 2014. Biochar-root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability. *European Journal of Soil Science*. 65(1): 173-185.
- Ramadhana. D.D., Donny, D., dan Ria, R. 2019. Penilaian status kesuburan tanah pada lahan pascatambang di areal PT. Trubaindo coal mining Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 2(1): 24-28.
- Ramadhani, W. S., Handayanto, E., Nuraini, Y., & Rahmat, A. 2020. Aplikasi limbah cair nanas dan kompos kotoran sapi untuk meningkatkan populasi mikroorganisme pelarut fosfat di Ultisol, Lampung Tengah. *J Teknik Pertanian Lampung*. 2(1): 78-84.

- Reavindo, Q., dan Bangun, R.H.B. 2016. Pengaruh luas panen dan harga produksi terhadap produksi tanaman jagung Kabupaten Karo. *Agrica: Jurnal Agribisnis Sumatera Utara*. 4(1): 74-79.
- Riwandi. 2014. *Teknik Budidaya Jagung dengan Sistem Organik di Lahan Marjinal*. Universitas Bengkulu. Bengkulu. 54 hlm.
- Romadona, D. N., dan Islami, T. 2023. Aplikasi dosis dan waktu pemupukan NPK majemuk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 11(9): 672-683.
- Saputra, I. 2018. Analisis ketersediaan produksi dan perilaku petani dalam menghadapi risiko pada usahatani jagung di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Ilmu Ilmu Agribisnis*. 6(2): 16-20
- Schimmelpfennig, S., dan Glaser, B. 2012. One step forward toward characterization: some important material properties to distinguish biochars. *Journal of Environmental Quality*. 41(4): 1001-1013.
- Setiawan, F., Sarno, Nur, A.A., dan Supriatin. 2022. Pengaruh pemberian biochar batang singkong dan pemupukan P terhadap sifat kimia tanah Ultisol yang ditanami jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10 (1): 85-94.
- Septianugraha, R., dan Suriadikusumah, A. 2014. Pengaruh penggunaan lahan dan kemiringan lereng terhadap C-organik dan permeabilitas tanah di Sub DAS Cisangkuy Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung. *Agrin*. 18(2): 17-21.
- Singh, B.P., Hatton, B.J., Singh, B., Cowie, A.L., dan Kathuria, A. 2010. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. *Journal of Environmental Quality*. 39(4): 1224-1235.
- Sirait, R. F., Sarno, S., Afrianti, N. A., dan Niswati, A. 2020. Pengaruh aplikasi biochar dan pemupukan nitrogen terhadap ketersediaan NPK tanah pada pertanaman jagung manis (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(1): 37-46.
- Sulaeman, Z. M., dan Anawar, H. M. 2005. Application of biochars for soil constraints: challenges and solutions. *Pedosphere*. 25(5): 631-638.
- Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., De MacÊdo, J. L. V., Blum, W. E. H., dan 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 and Soil*. 29 (1-2): 275-290.
- Suhartarto, A. 2019. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah terhadap berbagai dosis biochar tongkol jagung pada tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 8(10): 1-8.

- Suharyatun, S., Warji, W., Haryanto, A., dan Anam, K. 2021. Pengaruh kombinasi biochar sekam padi dan pupuk organik berbasis mikroba terhadap pertumbuhan dan produksi sayuran. *Jurnal Teknotan*. 15(1): 21-27.
- Sukmawati. 2020. Bahan organik menjanjikan dari biochar tongkol tagung, cangkang dan tandan kosong kelapa sawit berdasarkan sifat kimia. *Journal of Agroplantae*. 9(2): 82-94.
- Spokas, K. A., dan Reicosky, D. C. 2009. Impacts of sixteen different biochars on soil greenhouse gas production. *Annals of Environmental Science*. 3(1): 179-193.
- Syofiani, R., Putri, S. D., dan Karjunita, N. 2020. Karakteristik sifat tanah sebagai faktor penentu potensi pertanian di Nagari Silokek Kawasan Geopark Nasional. *Jurnal Agrium*. 17(1): 5-9.
- Tulak, G. 2023. *Pengaruh Kombinasi Biochar dengan Pupuk NPK terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea Mays L) = Effect Of Biochar with NPK Fertiliser Combination on Soil Chemical Properties and Maize (Zea Mays L) Plant Growth*. (Disertasi). Universitas Hasanuddin. Makassar. 80 hlm.
- Utami, E. S., Sudantha, I. M., dan Suwardji, S. 2015. Keragaman pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat pemberian berbagai aras biochar dengan bioaktivator *trichoderma* spp. di lahan kering. *Ekosains*. 8(2): 45-46.
- Wang, H., Yi, H., Zhang, X., Su, W., Li, X., Zhang, Y., dan Gao, X. 2020. Biochar mitigates greenhouse gas emissions from an acidic tea soil. *Polish Journal of Environmental Studies*. 29(1): 323-330.
- Widiastuti, M.M.D, dan Bonny, L. 2017. Pelatihan pembuatan biochar dari limbah sekam padi menggunakan metode *retort klin*. *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 3(2): 129-135.
- Widowati, Asnah, dan Sutoyo. 2012. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. *Buana Sains*. 12(1): 83-90.
- Wijitkosum, S., dan Jiwnok, P. 2019. Elemental composition of biochar obtained from agricultural waste for soil amendment and carbon sequestration. *Applied sciences*. 9(1): 39-80.
- Wulansari, N. I., Saiddy, A. R., dan Priatmadi, B. J. 2024. Ketersediaan nitrogen pada ultisol dengan aplikasi kotoran walet dan arang kayu. *Acta Solum*. 2(2): 94-100.

- Yulies, M., Oktarina, S., dan Nurhayati, N. 2024. Pengaruh pemberian amelioran organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Sains Pertanian dan Perkebunan*. 13(2): 767-779.
- Verdiana, dan Miranti, A. 2016. Pengaruh berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea Mays L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(8): 12-15.
- Zebua, M. S., Hidayat, B., dan Lubis, K. S. 2023. Evaluation of application of biochar corn and urea fertilizer on some chemical properties and growth of corn (*Zea mays L.*) in Ultisol. *Online Journal Agroekotechnology*. 11(1): 37-42.