

**PENGARUH RESIDU BIOCHAR TAHUN KE-2 DAN PUPUK NPK
TERHADAP LAJU INFILTRASI DENGAN PERSAMAAN HORTON
PADA PERTANAMAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata*)**

(Skripsi)

Oleh:

Ivo Sitorus

2114181031



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

**PENGARUH RESIDU BIOCHAR TAHUN KE-2 DAN PUPUK NPK
TERHADAP LAJU INFILTRASI DENGAN PERSAMAAN HORTON
PADA PERTANAMAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata*)**

Oleh

IVO SITORUS

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian
Universitas Lampung**



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

PENGARUH RESIDU BIOCHAR TAHUN KE-2 DAN PUPUK NPK TERHADAP LAJU INFILTRASI DENGAN PERSAMAAN HORTON PADA PERTANAMAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata*)

Oleh

Ivo Sitorus

Budidaya tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*) pada lahan kering masam seperti tanah Ultisol masih menunjukkan produktivitas yang rendah. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan biochar dan pemupukan untuk memperbaiki kualitas fisik tanah, khususnya laju infiltrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu biochar dan pemupukan N, P, dan K terhadap laju infiltrasi tanah pada pertanaman kacang hijau. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2024–Juli 2025 di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah residu biochar (B) yang terdiri atas empat taraf: B0 (tanpa biochar), B1 (residu biochar sekam padi 5 ton/ha), B2 (residu biochar tongkol jagung 5 ton/ha), dan B3 (residu biochar batang singkong 5 ton/ha). Faktor kedua adalah pemupukan (P) yang terdiri atas tiga taraf: P0 (tanpa pemupukan), P1 ($\frac{1}{2}$ dosis: Urea 25 kg/ha, TSP 39 kg/ha, KCl 25 kg/ha), dan P2 (1 dosis: Urea 50 kg/ha, TSP 78 kg/ha, KCl 50 kg/ha). Analisis data menggunakan persamaan Horton, kemudian dilanjutkan dengan Uji Bartlett, uji aditivitas, dan Uji Tukey. Apabila asumsi terpenuhi, maka data dianalisis dengan sidik ragam dan diuji lanjut menggunakan Uji BNT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa residu biochar tahun ke-2 berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Residu biochar batang singkong (B3) menghasilkan laju infiltrasi tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan pemupukan N, P, dan K tidak memberikan pengaruh nyata. Interaksi kedua faktor berpengaruh sangat nyata dengan kombinasi terbaik pada perlakuan B1 (biochar sekam padi) dan P2 (pemupukan 1 dosis).

Kata Kunci: Residu Biochar, Pupuk N,P,K, Laju Infiltrasi, Kacang Hijau, Tanah Ultisol

ABSTRACT

THE EFFECT OF SECOND-YEAR BIOCHAR RESIDUE AND NPK FERTILIZER ON INFILTRATION RATE USING THE HORTON EQUATION IN MUNG BEAN (*Vigna radiata*) CULTIVATION

By

Ivo Sitorus

*The cultivation of mung bean (*Vigna radiata*) on acidic dry land such as Ultisol still shows low productivity. Therefore, this study applied biochar and fertilization to improve soil physical quality, particularly the infiltration rate. This research aimed to determine the effects of biochar residue and N, P, and K fertilization on soil infiltration rate in mung bean cultivation. The study was conducted from December 2024 to July 2025 at the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The experiment used a factorial Randomized Block Design with two treatment factors. The first factor was biochar residue (B), consisting of four levels: B0 (without biochar), B1 (rice-husk biochar residue at 5 tons/ha), B2 (corn cob biochar residue at 5 tons/ha), and B3 (cassava-stem biochar residue at 5 tons/ha). The second factor was fertilization (P), consisting of three levels: P0 (without fertilization), P1 (½ dose: 25 kg/ha Urea, 39 kg/ha TSP, 25 kg/ha KCl), and P2 (1 dose: 50 kg/ha Urea, 78 kg/ha TSP, 50 kg/ha KCl). Data were analyzed using the Horton equation, followed by Bartlett's test, additivity test, and Tukey's test. If the assumptions were met, the data were analyzed using analysis of variance and further tested using the Least Significant Difference (LSD) at the 5% level. The results showed that the second-year biochar residue affected the infiltration rate. Cassava-stem biochar residue (B3) produced the highest infiltration rate compared with other treatments, while N, P, and K fertilization had no significant effect. The interaction of the two factors had a highly significant effect, with the best combination observed in B1 (rice-husk biochar) and P2 (full-dose fertilization).*

Key Words: Biochar residue, NPK fertilizer, infiltration rate, mung bean, Ultisol soil.

Judul

**PENGARUH RESIDU BIOCHAR TAHUN
KE-2 DAN PUPUK NPK TERHADAP LAJU
INFILTRASI DENGAN PERSAMAAN
HORTON PADA PERTANAMAN KACANG
HIJAU (*Vigna radiata*)**

Nama Mahasiswa

Ivo Sitorus

Nomor Pokok Mahasiwa : 2114181031

Program Studi

Ilmu Tanah

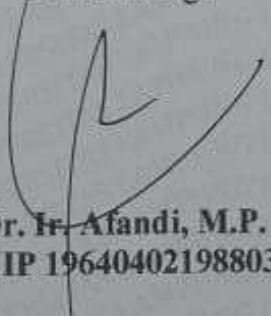
Fakultas

Pertanian

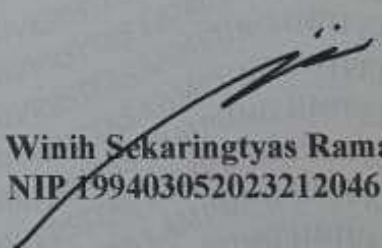
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

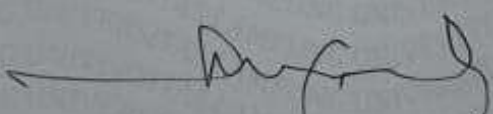
Pembimbing I


Dr. Ir. Afandi, M.P.
NIP 196404021988031019

Pembimbing II


Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P.
NIP 199403052023212046

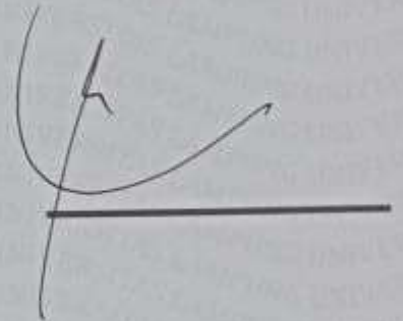
2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah


Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

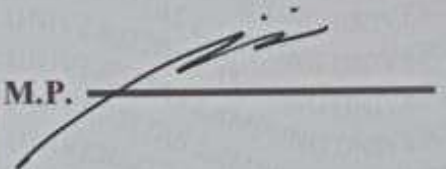
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Afandi, M.P.**



Sekretaris : **Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P.**



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19611181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 November 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Residu Biochar Tahun Ke-2 Dan Pupuk NPK Terhadap Laju Infiltrasi Dengan Persamaan Horton Pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*)”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Penelitian ini dibimbing oleh Bapak Dr.Ir, Afandi., M.P. dan Ibu Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen, yaitu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. dan Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. Dengan sumber dana DIPA Fakultas Pertanian, Universitas Lampung tahun 2025.

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

Bandar Lampung,

2025

Penulis



Ivo Sitorus

NPM 2114181031

RIWAYAT HIDUP



Ivo Sitorus adalah nama penulis skripsi ini. Penulis lahir di Porsea pada tanggal 11 Maret 2003, sebagai anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Jodis Sitorus dan Ibu Nurmaya Nainggolan. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 122394 Pematangsiantar, Sumatera

Utara pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 12 Pematangsiantar, Sumatera Utara pada tahun 2018 , dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 01 Pematangsiantar, Sumatera Utara pada tahun 2021 .

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada bulan Januari-Februari 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Agung, Kecamatan Way Serdang, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung. Kemudian pada bulan Juli-Agustus 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Badan Pusat Statistik Pesawan, Provinsi Lampung.

MOTTO

“Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang, sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau; Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan.”

(Yesaya 41:10)

“Sebab itu janganlah kamu khawatir akan hari besok, karena hari besok mempunyai kesusahannya sendiri. Kesusahan sehari cukuplah untuk sehari.”

(Matius 6:34)

“Sedikit langkah hari ini lebih baik daripada seribu rencana besok.”

(Ivo)

“Bersyukurlah atas hal kecil, karena dari sanalah kebahagiaan besar tumbuh. Hati yang tahu berterima kasih tidak akan pernah merasa kekurangan.”

(Melody Beattie)

“Kesuksesan bukan tentang siapa yang tercepat, tapi siapa yang tidak menyerah.

Setiap langkah kecil adalah kemajuan besar menuju impian.”

(Nelson Mandela)

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Tuhan

Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, saya persembahkan karya kecilku yaitu skripsi ini kepada keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan penuh kasih sayang.

Kedua orang tuaku tercinta Ibu Nurmaya Nainggolan dan Bapak Jodis Sitorus yang senantiasa samengiringi setiap langkah dengan doa serta dukungan mental, rohani maupun material yang sangat berarti lebih dari apapun.

Kaka perempuan ku Eva Sitorus dan kedua adik ku Eri Natanael Sitorus dan Sabar Bona Tua Sitorus yang senantiasa mendukung baik dalam senang maupun dalam duka.

Dosen-dosen Universitas Lampung, Jurusan Ilmu Tanah yang telah membimbing selama di bangku perkuliahan.

Serta

Almamater tercinta

Ilmu tanah

Fakultas pertanian

Universitas Lampung

SWANCANA

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih karunia serta penyertaan-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan, kesehatan dan ketekunan untuk menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Residu Biochar Tahun Ke-2 Dan Pupuk NPK Terhadap Laju Infiltrasi Dengan Persamaan Horton Pda Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*)”. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung .

Penulis menyadari skripsi ini tidak dapat selesai tanpa bantuan dan arahan dari semua pihak terkait. Pada kesempatan ini dengan segenap rasa hormat, penulis mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ir. Hery Novpriansyah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Afandi, M.P. , selaku Pembimbing Utama yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan memberikan arahan, bimbingan serta masukan yang berharga selama penyusunan skripsi ini.
4. Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P., selaku Pembimbing Kedua yang telah membimbing penulis dari mulai penelitian hingga selesai, memberikan ilmu, saran dan masukan, semangat serta motivasi dan dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Nur Afni Afianti, M.Sc., selaku pembahas atas segala saran, ilmu dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi ini.

6. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Jodis Sitorus dan Ibu Nurmaya Nainggolan yang telah menjadi sumber semangat, kasih sayang tak hingga doa yang tiada henti di sepanjang hidup penulis. Dukungan moral maupun material menjadi kekuatan besar bagi penulis dalam melalui setiap proses dan tantangan dalam penyusunan skripsi ini.

7. Kaka Perempuan ku Eva dan kedua adikku tercinta Eri dan Sabar yang telah menyemangati penulis, memberikan perhatian, doa tulus serta penghiburan pada penulis.

8. Kepada sahabat-sahabat tercintaku Budaya (Salsabila Rizki Nurashiami, Amalia Hayati, Syifa Salsabila, Marcella Rachelita, Chiara Alvina dan Mutiaran Nensi) yang sudah banyak memberikan canda tawa menghibur, berbagi senang maupun duka selama masa perkuliahan penulis.

9. Teman-teman gereja (GPI Kemiling) yang telah memberikan dukungan rohani serta bersedia mendengarkan keluh kesah penulis serta senantiasa memberi semangat yang teramat tulus serta doa kepada penulis.

10. Seluruh teman-teman seperjuangan Ilmu tanah 2021

11. Almameterku tercinta Universitas Lampung

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis memohon maaf jikalau terdapat kekurangan baik dari penulisan kata, kalimat, nama dan lain sebagainya. Penulis berharap kedepannya skripsi ini dapat berguna menjadi sarana pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca maupun orang banyak.

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kerangka Pemikiran	5
1.5 Hipotesis	12
II. TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Infiltrasi tanah.....	13
2.2 Laju Infiltrasi Persamaan Horton	15
2.3 Tanaman kacang hijau	16
2.4 Mekanisme <i>biochar</i> terhadap infiltrasi.....	17
2.5 Biochar	18
2.6 Unsur hara NPK	19
III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Sejarah Lahan	23
3.5 Pelaksanaan Penelitian	24
3.5.1 Persiapan lahan	24
3.5.2 Aplikasi Pupuk Kandang Sapi	24
3.5.3 Penanaman benih kacang hijau.....	24
3.5.4 Pemupukan Tanaman.....	25
3.5.5 Pengamatan Tanaman.....	25
3.5.6 Pemeliharaan Tanaman.....	26
3.5.7 Pemanenan	26
3.5.8 Pengambilan Sampel.....	26

3.5.9 Analisis data.....	26
3.6 Variabel Pengamatan.....	29
3.6.2 Variabel utama.....	29
3.6.2 Variabel pendukung.....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	32
4.1.1 Sifat Tanah Sebelum Perlakuan.....	32
4.1.2 Laju Infiltrasi Tanah	33
4.1.3 Laju Infiltrasi Persamaan Horton.....	40
4.1.4 Tekstur Tanah	44
4.1.5 pH Tanah	45
4.1.6 Kadar Lengas (Air) Tanah	47
V. SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Laju Infiltrasi.....	15
2. Dosis Kombinasi Perlakuan Residu Biochar Dan Pemupukan NPK.....	22
3. Contoh Perhitungan Laju Infiltrasi Persamaan Horton.....	27.
4. Analisis sampel tanah awal Laboraturium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.....	31
5. Pengaruh Residu Biochar dan pemupukan N, P, K terhadap. Laju Infiltrasi Tanah.....	33
6. Laju Infiltrasi Model Persamaan Horton	35
7. Interaksi Pengaruh Residu Biochar Dan Pemupukan N,P,K Terhadap Laju Infiltrasi.....	39
8. Pengaruh Residu Biochar Dan Pemupukan N,P,K Terhadap Tekstur Tanah.....	42
9. Pengaruh Residu Biochar Dan Pemupukan N,P,K Terhadap pH Tanah.....	43
10. Pengaruh Residu Biochar Dan Pemupukan N,P,K Terhadap Kadar Lengas (Air) Tanah.....	45
11. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Kontrol (B0P0).....	53
12. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Tanpa Residu Biochar Dan 1/2 Dosis Pupuk N,P,K (B0P1).....	53
13. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Tanpa Residu Biochar Dan 1 Dosis Pupuk N,P,K (B0P2).....	54
14. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Sekam Padi Tanpa Pemupukan N,P,K (B1P0).....	54

15. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Sekam Padi dan 1/2 Dosis Pupuk N,P,K (B1P1).....	55
16. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Sekam Padi dan 1 Dosis Pupuk N,P,K (B1P2).....	55
17. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Tongkol Jagung Tanpa Pemupukan N,P,K (B2P0).....	56
18. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Tongkol Jagung dan 1/2 Dosis Pupuk N,P,K (B2P1).....	56
19. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Tongkol Jagung dan 1 Dosis Pupuk N,P,K (B2P2).....	57
20. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Batang Singkong Tanpa Pemupukan N,P,K (B3P0).....	57
21. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Batang Singkong dan 1/2 Dosis Pupuk N,P,K (B3P1).....	58
22. Borang Pengisian Laju Infiltrasi Perlakuan Residu Biochar Batang Singkong dan 1 Dosis Pupuk N,P,K (B3P3).....	58
23. Pengaruh Residu Biochar Dan Pupuk NPK Terhadap Tekstur Tanah Pada Ulangan 1.....	59
24. Pengaruh Residu Biochar Dan Pupuk NPK Terhadap Tekstur Tanah Pada Ulangan 2.....	60
25. Pengaruh Residu Biochar Dan Pupuk NPK Terhadap Tekstur Tanah Pada Ulangan 3.....	61
26. Pengaruh Residu Biochar dan pemupukan N, P, K terhadap Laju Infiltrasi Tanah.....	62
27. Uji Homogenitas Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap laju Infiltrasi Tanah.....	62
28. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap laju Infiltrasi Tanah.....	63
29. Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap pH Tanah.....	63
30. Uji Homogenitas Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap pH Tanah.....	64

31. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap pH Tanah.....	64
32. Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap Kadar Lemas (air) Tanah.....	65
33. Uji Homogenitas Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap Kadar Lemas (air) Tanah.....	65
34. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Residu Biochar dan Pupuk NPK Terhadap Kadar Lemas (air) Tanah.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Kerangka Pemikiran.....	11
2. Tata Letak Percobaan	23
3. Contoh Kurva Laju Infiltrasi Persamaan Horton.....	28.
4. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B0P0.....	36
5. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B0P1.....	36
6. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B0P2.....	36
7. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B1P0.....	36
8. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B1P1.....	37
9. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B1P2.....	37
10. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B0P2.....	37
11. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B2P1.....	37
12. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B2P2.....	37
13. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B3P0.....	37
14. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B3P1.....	38
15. Kurva Laju Infiltrasi Model Horton Perlakuan B3P2.....	38
16. Pemupukan Dengan Pupuk Kandang Sapi Sebagai Pupuk Dasar.....	67
17. Penanaman Tanaman Kacang Hijau.....	67
18. Pemupukan Dengan Pupuk NPK.....	67
19. Pengamatan Tinggi Tanaman.....	67
20. Penyiraman Tanaman Kacang Hijau.....	67
21. Pemanenan Tanaman Kacang Hijau.....	67
22. Analisis Laju Infiltrasi Awal.....	68
23. Analisis Laju Infiltrasi Akhir.....	68

24. Analisis Laju Infiltrasi Akhir.....	68
25. Analisis Laju Infiltrasi Akhir.....	68
26. Pengovenan Tanah Untuk Data Kadar Air.....	68
27. Analisis pH Tanah.....	68
28. Analisis Tekstur Tanah Dengan Metode Hidrometer.....	69
29. Pengadukan Suspensi Tanah Agar Homogen.....	69

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sekitar 25% lahan kering masam dengan ordo Ultisol yang tersebar luas di berbagai wilayah Pulau Sumatra. Lampung merupakan wilayah dengan sebaran lahan ultisol terluas yang banyak dimanfaatkan untuk pertanian (Mulyani dan sarini,2013). Salah satu sifat fisika tanah yang memiliki masalah pada Ultisol adalah laju infiltrasi. Hasil penelitian Aprisal (2017) tanah Ultisol memiliki tekstur liat, C-organik rendah dan laju infiltrasi yang lambat.

Kandungan bahan organik yang rendah pada Ultisol menyebabkan rendahnya stabilitas agregat tanah sehingga akan mengakibatkan struktur tanah mudah hancur oleh energi kinetik hujan. Agregat yang hancur akan menyumbat pori tanah sehingga laju infiltrasi menjadi rendah . Laju infiltrasi yang rendah mengakibatkan air hujan lebih banyak mengalir di permukaan sebagai limpasan (*runoff*) daripada meresap ke dalam tanah. Rendahnya laju infiltrasi pada tanah Ultisol dapat menghambat perkembangan akar, mengurangi penyerapan hara, serta menurunkan hasil produksi tanaman kacang hijau.

Tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*) termasuk salah satu legum yang banyak dibudidayakan di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Tanaman ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena bijinya kaya akan protein, serat, dan berbagai mikronutrien lainnya. Produksi kacang hijau di Indonesia masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan potensi hasil yang dapat dicapai. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2022) produksi kacang hijau nasional pada tahun 2021 mencapai 272.758 ton dengan luas panen sekitar 204.824 hektar, sehingga

produktivitas rata-ratanya hanya sekitar 1,33 ton per hektar. Secara potensial tanaman kacang hijau mampu menghasilkan 2,5–2,8 ton per hektar pada kondisi lingkungan dan budidaya yang optimal (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2021). Perbedaan antara potensi hasil dan produktivitas aktual ini menunjukkan masih adanya kendala dalam pengelolaan lahan, terutama yang berkaitan dengan sifat fisik tanah, seperti rendahnya laju infiltrasi pada tanah Ultisol.

Laju infiltrasi berperan penting dalam menentukan kemampuan tanah menyalurkan air ke dalam profil tanah. Infiltrasi yang baik memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah dan tersimpan pada zona perakaran, sehingga air tersebut dapat melarutkan serta membawa unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Unsur hara yang terlarut bersama air akan lebih mudah diserap oleh akar, sehingga mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal. Bagi tanaman kacang-kacangan, laju infiltrasi yang ideal adalah ketika air dapat meresap cukup cepat untuk menjaga kelembapan tanah tanpa menimbulkan genangan, yaitu berkisar antara 6–15 cm/jam, tergantung pada tekstur dan struktur tanah (Dwi Koranto *et al*, 2018). Tanah dengan laju infiltrasi yang lambat menyebabkan air sulit meresap ke dalam tanah, menghambat pergerakan unsur hara, dan menurunkan efisiensi penyerapan hara oleh tanaman. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya ketersediaan air dan hara di zona perakaran, sehingga pertumbuhan tanaman kacang hijau menjadi kurang optimal (Gunawan, 2022). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki sifat fisik tanah, salah satunya melalui penambahan biochar dan pupuk NPK yang dapat meningkatkan porositas serta ketersediaan hara, sehingga mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan laju infiltrasi.

Aplikasi biochar pada tanah bertekstur halus seperti Ultisol mampu memperbesar ruang pori makro dan mikro, sehingga memperlancar pergerakan air dari permukaan ke dalam profil tanah. Struktur berpori pada biochar berfungsi sebagai saluran tambahan yang meningkatkan kemampuan tanah dalam meloloskan air

sekaligus memperbaiki aerasi dan kapasitas menahan air (Lehmann dan Joseph, 2015). Jenis biochar yang digunakan sangat berpengaruh terhadap besarnya peningkatan laju infiltrasi karena setiap jenis memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda. Biochar sekam padi memiliki pori halus dan kandungan silika tinggi yang membantu memperbaiki porositas lapisan atas tanah serta meningkatkan stabilitas agregat, sehingga air hujan atau irigasi lebih mudah meresap ke dalam tanah dan mempercepat infiltrasi pada lapisan permukaan (Lehmann dan Joseph, 2015). Biochar batang singkong memiliki kadar karbon tinggi dan daya ikat air yang baik, yang berkontribusi dalam menjaga kelembapan tanah serta meningkatkan kestabilan agregat tanpa menghambat pergerakan air ke bawah, sehingga laju infiltrasi tetap optimal (Santi dan Kusuma, 2020). Sementara itu, biochar tongkol jagung memiliki porositas dan luas permukaan yang lebih besar dibanding dua jenis lainnya, sehingga efektif dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan permeabilitas, dan mempercepat laju infiltrasi terutama pada tanah bertekstur halus seperti Ultisol (Simanjuntak dan Yulnafatmawita, 2021).

Perbedaan karakteristik tersebut menjelaskan bahwa semakin tinggi porositas dan luas permukaan biochar, maka semakin besar pula kemampuan tanah untuk meloloskan air dan mempercepat infiltrasi. Oleh karena itu, pemilihan jenis biochar perlu disesuaikan dengan tekstur tanah dan tujuan perbaikan sifat fisiknya. Penambahan biochar pada tanah Ultisol, diharapkan dapat meningkatkan laju infiltrasi hingga mencapai kondisi ideal untuk pertumbuhan kacang hijau, yaitu tidak terlalu cepat sehingga air tidak langsung hilang melalui perkolasi, dan tidak terlalu lambat yang menyebabkan genangan atau kekurangan oksigen pada akar. Kondisi laju infiltrasi yang seimbang ini akan menjaga ketersediaan air dan hara di zona perakaran, memperbaiki aerasi, serta mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang hijau secara optimal.

Biochar merupakan bahan organik yang sulit terdekomposisi karena dihasilkan melalui proses pembakaran tidak sempurna (*pirolisis*) atau tanpa oksigen pada suhu tinggi. Proses ini menghasilkan karbon aktif yang mengandung kalsium, magnesium, dan karbon anorganik (Sitohang dan Utomo, 2016).

Kandungan senyawa karbon dalam biochar berbentuk aromatik yang bersifat stabil dan tertutup, sehingga biochar dapat bertahan dalam tanah selama bertahun-tahun setelah aplikasinya. Dengan demikian, residu biochar yang tersisa di tanah masih berpengaruh terhadap sifat kimia dan fisik tanah, serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman dalam jangka panjang (Prasetyo, 2020).

Pupuk NPK memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Nitrogen (N) mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, fosfor (P) berperan dalam pengembangan akar dan pembungaan, sementara kalium (K) penting untuk ketahanan tanaman terhadap stres dan penyakit (Sutrisno, 2019). Pupuk NPK tidak hanya menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman, tetapi juga memengaruhi laju infiltrasi tanah melalui perubahan sifat fisik dan aktivitas biologis di zona perakaran. Ketika pupuk NPK diberikan, ion hara larut dalam air tanah dan bergerak bersama aliran infiltrasi menuju zona perakaran lalu diserap oleh akar melalui mekanisme aliran massa dan difusi. Pemberian pupuk NPK dengan dosis rendah hingga sedang, sekitar 50–100 kg/ha per musim tanam, dapat memperbaiki struktur tanah, memperkuat agregat, dan memperbesar pori makro melalui aktivitas akar dan mikroba, sehingga laju infiltrasi meningkat (Li *et al.*, 2018). Sebaliknya, jika aplikasi dosis tinggi akumulasi garam terlarut dan dispersi partikel liat yang menyumbat pori tanah sehingga laju infiltrasi tanah menurun (Bogunovic *et al.*, 2019).

Kombinasi biochar dan pupuk NPK yang tepat, diharapkan laju infiltrasi tanah Ultisol dapat mencapai kondisi ideal bagi tanaman kacang hijau, yaitu tidak terlalu cepat sehingga air dan unsur hara tidak cepat hilang melalui perkolasi, tetapi juga tidak terlalu lambat sehingga akar tetap mendapatkan oksigen dan air yang cukup. Kondisi infiltrasi yang seimbang ini menjaga ketersediaan air, memperbaiki aerasi dan meningkatkan efisiensi penyerapan hara. Dengan demikian, pertumbuhan dan produktivitas kacang hijau (*Vigna radiata.*) dapat mendekati potensi maksimal pada tanah Ultisol.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian di atas maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat pengaruh residu biochar tahun ke-2 terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*)?
2. Apakah terdapat pengaruh pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*)?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi aplikasi antara residu biochar tahun ke-2 dan pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh residu biochar tahun ke-2 terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*)
2. Mengetahui pengaruh pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*)
3. Mengetahui pengaruh interaksi aplikasi antara residu biochar tahun ke-2 dan pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertumbuhan kacang hijau (*vigna radiata*)

1.4 Kerangka Pemikiran

Rendahnya tingkat kesuburan tanah pada tanah Ultisol dapat menyebabkan menurunnya produktivitas tanah yang berakibat menurunnya produktivitas tanaman dan salah satunya adalah tanaman kacang hijau. Kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara menjadi faktor utama dalam mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman. Tanah kering masam di Indonesia banyak dijumpai di wilayah beriklim tropis lembab dengan curah hujan tinggi, sehingga pencucian basa berlangsung intensif dan menyebabkan tanah jenuh oleh ion H serta Al.

Kondisi ini menimbulkan masalah kesuburan tanah berupa rendahnya ketersediaan hara makro seperti N, P, K, Ca, dan Mg, serta menurunnya kualitas fisik tanah, termasuk laju infiltrasi (Prasetyo & Suriadikarta, 2006).

Laju infiltrasi pada tanah Ultisol umumnya rendah berkisar antara 1–12,6 mm/jam (Utami, 2023) yang menjadi salah satu faktor penurunan produktivitas tanaman. Kondisi ini disebabkan oleh rendahnya kandungan bahan organik, struktur tanah yang rapuh, serta tingginya kandungan Al dan Fe yang menghambat pergerakan air ke dalam tanah. Pasaribu (2022) menyatakan bahwa Ultisol memiliki permeabilitas yang lambat sehingga daya simpan air tanah rendah, agregat tanah yang mudah hancur akibat energi hujan dapat menyumbat pori-pori tanah, sehingga laju infiltrasi semakin menurun. Kondisi tersebut berdampak pada tanaman kacang hijau, karena rendahnya laju infiltrasi menyebabkan ketersediaan air dan unsur hara di zona perakaran tidak merata, sehingga akar kesulitan menyerap air serta nutrisi penting untuk pertumbuhan dan produksi optimal. Oleh karena itu, diperlukan penambahan biochar dan pupuk untuk memperbaiki sifat fisik dan kesuburan tanah, meningkatkan laju infiltrasi, serta menjaga ketersediaan unsur hara bagi tanaman kacang hijau.

Penambahan biochar pada tanah Ultisol memberikan dampak positif bagi pertumbuhan tanaman kacang hijau karena biochar berperan sebagai sumber bahan organik yang dapat meningkatkan kandungan humus dan kesuburan tanah. Tanaman kacang hijau, yang membutuhkan nutrisi yang cukup untuk tumbuh, dapat menyerap unsur hara yang terdapat dalam biochar. Biochar juga mendukung aktivitas mikroorganisme tanah yang mempercepat dekomposisi bahan organik lainnya, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air (Mohri dan Astina, 2023). Penelitian oleh Mulyani *et al* (2018) menunjukkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan daya serap air tanah dan memperbaiki kualitas tanah Ultisol, yang mendukung pertumbuhan tanaman kacang hijau.

Penggunaan berbagai jenis biochar seperti sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong berpotensi memberikan efek yang berbeda terhadap sifat tanah. Biochar sekam padi memiliki ciri fisik yang tipis dan keras sehingga partikelnya tetap utuh dan tidak mudah terurai setelah bercampur dengan tanah. Dengan bentuk yang relatif kaku tersebut, biochar jenis ini tidak banyak masuk ke celah-celah kecil antar partikel tanah untuk membentuk struktur tanah yang lebih remah dan berpori besar. Walaupun penggunaan biochar sekam padi dapat meningkatkan total porositas tanah serta memperbaiki kemampuan tanah dalam menahan air (Hakim *et al*,2019), sebagian besar pori yang bertambah merupakan pori berukuran kecil yang lebih berfungsi menyimpan air daripada mempercepat aliran air dalam tanah. Oleh karena itu, tanah yang diberi biochar sekam padi cenderung memiliki kemampuan retensi air yang lebih baik, namun peningkatan makropori sebagai jalur utama infiltrasi tidak terjadi secara signifikan. Selain itu biochar sekam padi memiliki karakteristik khas, yaitu kandungan silika yang tinggi, struktur pori yang kompleks, dan kemampuan retensi air yang baik

Biochar tongkol jagung memiliki bentuk berongga menyerupai sarang lebah, dengan banyak ruang kosong yang membuat porositasnya tinggi dan bobot jenisnya rendah. Struktur yang berpori ini menghasilkan kombinasi pori berukuran sedang hingga besar, sehingga air lebih mudah meresap ke dalam tanah. Biochar tongkol jagung juga memiliki tingkat kehancuran yang sedang tidak secepat biochar batang singkong tetapi lebih mudah pecah dibandingkan biochar sekam padi. Ketika diaplikasikan ke tanah, bagian-bagian biochar yang mulai terurai dapat menyebar ke celah antar partikel tanah dan membantu membentuk ruang pori yang lebih terhubung. Penambahan makropori ini berperan penting dalam mempercepat laju infiltrasi karena makropori merupakan jalur utama pergerakan air ke dalam tanah. Penelitian Amoakwah (2017) menunjukkan bahwa biochar tongkol jagung mampu meningkatkan porositas tanah, memperbaiki struktur fisik, dan mendukung pergerakan air secara lebih cepat.

Biochar batang singkong memiliki struktur berongga yang menyerupai spons, dengan banyak rongga dan saluran besar yang saling terhubung di dalamnya. Bentuk seperti spons ini menghasilkan makropori yang lebih banyak dibandingkan biochar lain, sehingga air dapat mengalir masuk ke dalam tanah dengan lebih cepat. Selain itu, biochar batang singkong relatif mudah hancur ketika dicampurkan dengan tanah. Tingkat kehancuran yang tinggi membuat biochar ini dapat menyebar secara lebih merata ke celah-celah antarpartikel tanah. Ketika bagian-bagian biochar yang terpecah tersebut masuk ke dalam tanah, jumlah makropori semakin meningkat, sehingga pergerakan air menjadi lebih lancar. Karakter fisik inilah yang menyebabkan biochar batang singkong lebih efektif dalam meningkatkan laju infiltrasi dibandingkan biochar yang lebih keras atau lebih sulit hancur. Hal ini sejalan dengan temuan Islami et al. (2011) serta Prasetyo et al. (2022) yang menyatakan bahwa biochar batang singkong mampu meningkatkan porositas tanah, memperbaiki aliran air, dan mendukung ketersediaan air di zona perakaran.

Berdasarkan ketiga jenis biochar tersebut, biochar batang singkong menjadi jenis biochar yang paling efektif dalam meningkatkan laju infiltrasi pada tanah Ultisol. Biochar dari bahan baku yang lebih cenderung memiliki sifat fisik seperti porositas dan luas permukaan yang lebih tinggi, sehingga lebih unggul dalam memperbaiki struktur dan agregasi tanah untuk meningkatkan laju infiltrasi. Penelitian oleh Mustaqiman *et al* (2021) menunjukkan bahwa pemberian biochar batang singkong dapat meningkatkan konduktivitas hidrolik jenuh tanah atas, memperbaiki agregasi tanah, dan meningkatkan kapasitas retensi air tanah. Penelitian ini juga mencatat penurunan resistensi penetrasi tanah, yang mengindikasikan peningkatan laju infiltrasi air ke dalam tanah. Selain itu, studi oleh Putri (2025) juga mendukung temuan tersebut, dengan menunjukkan bahwa pemberian biochar batang singkong dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti porositas, kapasitas memegang air, agregasi tanah, dan berat isi tanah. Peningkatan dosis biochar batang singkong dapat mempercepat umur berbunga dan meningkatkan jumlah cabang primer tanaman kacang hijau, yang menunjukkan perbaikan kualitas tanah dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Pemupukan dengan pupuk NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium) sangat penting pada tanah Ultisol, karena tanah ini umumnya miskin unsur hara, memiliki pH asam, dan struktur tanah yang rapat sehingga menghambat pertumbuhan tanaman.

Pemberian NPK berperan dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi yang mendukung pembentukan akar yang lebih kuat dan sehat. Akar yang berkembang baik akan memperluas zona penyerapan hara sekaligus membantu memperbaiki aerasi tanah melalui terbentuknya ruang pori di sekitar perakaran. Perbaikan aerasi ini membuat oksigen lebih tersedia bagi akar dan mikroorganisme tanah, sehingga aktivitas fisiologis tanaman dapat berlangsung optimal. Dengan kondisi tersebut, penyerapan nutrisi menjadi lebih efisien, sekaligus mengurangi kendala Ultisol seperti kejenuhan aluminium serta rendahnya ketersediaan fosfor. Setelah aerasi membaik, kemampuan tanah dalam menyerap air juga meningkat sehingga laju infiltrasi menjadi lebih baik (Haryadi, 2019).

Selain meningkatkan pertumbuhan tanaman, aplikasi pupuk NPK juga berdampak positif pada laju infiltrasi tanah. Saat NPK dimasukkan ke dalam tanah, unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) larut dalam air tanah dan mulai tersedia untuk akar tanaman. Proses ini merangsang aktivitas mikroorganisme tanah, yang secara bertahap memperbaiki struktur agregat dan meningkatkan stabilitas pori-pori tanah. Penelitian oleh Brar *et al* (2015) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk NPK meningkatkan laju infiltrasi tanah dengan memperbaiki stabilitas agregat dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Peningkatan laju infiltrasi ini terjadi karena perbaikan struktur tanah, bertambahnya porositas, dan meningkatnya kapasitas retensi air, sehingga air dapat meresap lebih cepat dan merata ke dalam tanah, mendukung zona perakaran dan pertumbuhan tanaman secara optimal.

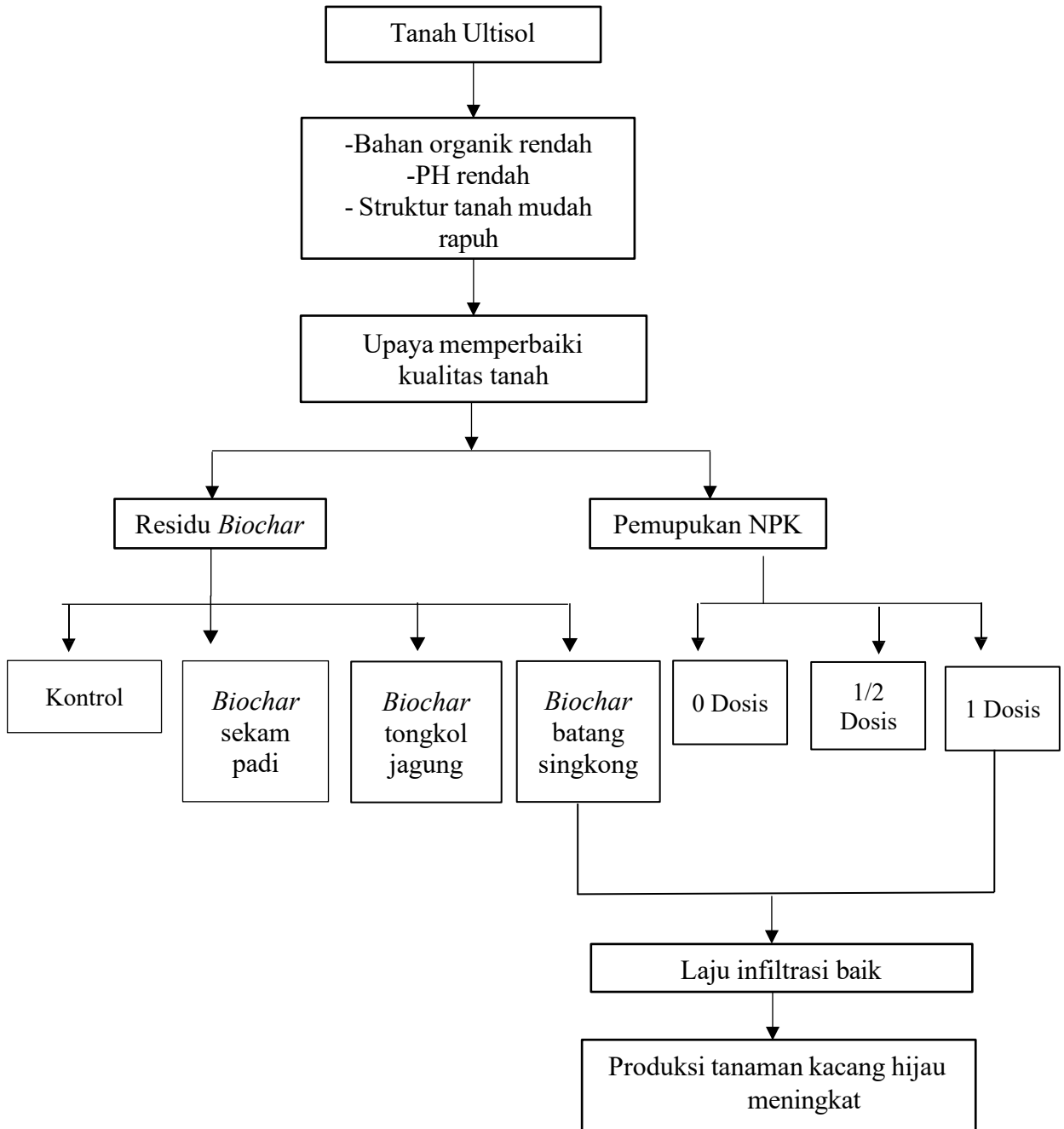
Pupuk yang diberikan sebaiknya berupa NPK dengan dosis yang sesuai, yakni sekitar 50–100 kg/ha (Balai Penelitian Aneka Kacang dan Umbi, 2016), karena dosis optimal ini berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki sifat fisik tanah pada lahan pertanaman kacang hijau. Dalam penelitian ini, pemupukan NPK diberikan dalam tiga taraf, yaitu tanpa pupuk (0

dosis), setengah dosis ($\frac{1}{2}$ dosis), dan dosis penuh (1 dosis) untuk melihat respon tanaman kacang hijau terhadap variasi ketersediaan hara. Dosis berbeda penting karena kebutuhan hara tanaman tidak selalu harus dipenuhi dengan dosis penuh, terutama jika dikombinasikan dengan pembenah tanah seperti biochar. Penelitian Wahyuni *et al* (2019) menggunakan taraf pupuk kontrol, setengah dosis, dan dosis penuh NPK pada tanaman jagung, dan hasilnya menunjukkan bahwa setengah dosis NPK yang dikombinasikan dengan bahan organik mampu menghasilkan pertumbuhan setara dengan dosis penuh. Hasil berbeda ditunjukkan oleh penelitian Siregar (2024) pada kacang hijau, di mana pemberian NPK 1 dosis dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman secara signifikan dibandingkan kontrol, serta tidak berbeda nyata dengan $\frac{1}{2}$ dosis.

Ketika dosis NPK yang diberikan kurang, tanah mengalami perbaikan struktur yang terbatas, stabilitas agregat tetap rendah, dan pori-pori tanah tidak optimal (Setiawan *et al*, 2020). Kondisi ini menyebabkan penetrasi akar menjadi tidak maksimal, sehingga akar tidak dapat menembus tanah dengan baik untuk menyerap air dan unsur hara. Akibatnya, pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, ditunjukkan oleh penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa akar (Kusuma *et al*, 2025). Selain itu, terbatasnya saluran akar yang terbentuk juga mengurangi kemampuan tanah dalam menampung dan menyerap air, sehingga laju infiltrasi tanah menurun. Penurunan laju infiltrasi ini berdampak pada distribusi air yang tidak merata di zona perakaran, yang akan memengaruhi ketersediaan air dan unsur hara bagi tanaman.

Oleh karena itu, penambahan biochar dan pupuk perlu dilakukan agar laju infiltrasi pada tanaman kacang hijau berada pada tingkat yang sedang dan stabil, sehingga air dapat meresap secara merata ke zona perakaran. Laju infiltrasi yang diharapkan ini dapat meningkatkan ketersediaan air dan unsur hara bagi tanaman, mendukung pertumbuhan dan produktivitas kacang hijau secara optimal. Dengan tercapainya laju infiltrasi yang sesuai, permasalahan rendahnya infiltrasi pada tanah Ultisol dapat diperbaiki, sehingga distribusi air di zona perakaran lebih merata dan tanah mampu menahan air dengan lebih baik. Pengelolaan laju

infiltrasi yang tepat menjadi salah satu kunci untuk meningkatkan hasil tanaman kacang hijau sekaligus memperbaiki sifat fisik tanah Ultisol.



Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disajikan, maka hipotesis dari penelitian ini yaitu :

1. Terdapat pengaruh residu biochar terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*) tahun ke-2. Residu biochar batang singkong memiliki laju infiltrasi lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.
2. Terdapat pengaruh pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*). Pemupukan dengan dosis penuh memiliki laju infiltrasi terbaik dibandingkan perlakuan lainnya.
3. Terdapat pengaruh interaksi aplikasi antara residu bahan pembenah tanah (biochar tongkol jagung, biochar sekam padi, dan biochar batang singkong) serta pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertumbuhan kacang hijau (*vigna radiata*) tahun ke-2. Residu biochar batang singkong dan kombinasi pemupukan dengan dosis penuh (B3P1) memiliki laju infiltrasi terbaik dibandingkan perlakuan lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infiltrasi tanah

Infiltrasi tanah merupakan proses pergerakan air dari permukaan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan berperan penting dalam pengelolaan air tanah serta pertanian. Proses ini dipengaruhi oleh faktor seperti tekstur, bahan organik, kelembapan, dan kemiringan lahan. Laju infiltrasi adalah kecepatan masuknya air ke dalam tanah dalam satuan waktu tertentu yang menunjukkan kemampuan tanah menyerap air (Wang *et al*, 2024). Nilainya dipengaruhi oleh porositas, tekstur, dan stabilitas agregat. Namun, laju infiltrasi yang terlalu tinggi tidak selalu baik karena air dapat cepat meresap sebelum dimanfaatkan akar, sedangkan laju yang terlalu lambat dapat menyebabkan genangan dan menurunkan aerasi tanah. Oleh karena itu, laju infiltrasi yang ideal adalah yang seimbang antara penyerapan dan ketersediaan air di zona perakaran (Abdel Rahman *et al*, 2022).

Kandungan bahan organik tanah sangat berpengaruh terhadap laju infiltrasi karena bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan pembentukan agregat yang stabil. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi memiliki lebih banyak makropori yang berperan dalam meningkatkan permeabilitas tanah. Menurut Franzluebbers (2002), peningkatan bahan organik mampu memperbesar jumlah pori-pori aktif yang memfasilitasi masuknya air ke dalam profil tanah secara lebih cepat, sehingga memperbaiki kapasitas infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan. Tekstur tanah juga menjadi faktor penentu utama karena berhubungan dengan ukuran dan distribusi pori tanah. Tanah bertekstur pasir cenderung memiliki laju infiltrasi tinggi karena dominasi pori makro, sedangkan

tanah liat memiliki pori mikro yang kecil sehingga laju infiltrasinya lebih lambat (Wang *et al*, 2024). Dengan demikian, kombinasi antara tekstur tanah yang sesuai dan kandungan bahan organik tinggi dapat meningkatkan infiltrasi air secara signifikan.

Kondisi kelembapan awal tanah mempengaruhi kecepatan air meresap ke dalam tanah. Tanah yang memiliki kelembapan awal tinggi akan menunjukkan penurunan laju infiltrasi karena sebagian besar pori-pori telah terisi air, sehingga ruang untuk air tambahan terbatas. Lin *et al* (2016) menjelaskan bahwa tanah kering memiliki *gradien potensial* air lebih besar yang mendorong air untuk bergerak lebih cepat ke bawah pada tahap awal infiltrasi. Selain itu, porositas tanah berhubungan langsung dengan kemampuan infiltrasi semakin tinggi porositas, semakin besar ruang kosong untuk pergerakan air di dalam tanah. Menurut Abdel Rahman *et al* (2022), porositas aktif merupakan faktor paling menentukan dalam meningkatkan infiltrasi kumulatif pada lapisan atas tanah. Oleh karena itu, tanah dengan struktur baik, porositas tinggi, dan kelembapan awal yang seimbang akan menunjukkan laju infiltrasi yang optimal.

Laju infiltrasi yang rendah dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti terjadinya genangan air di permukaan tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan merusak struktur tanah. Selain itu, infiltrasi yang buruk dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah akibat akumulasi garam atau polutan. Peningkatan infiltrasi dapat dicapai dengan melakukan teknik konservasi tanah yang tepat, seperti penggunaan mulsa, penanaman tanaman penutup tanah, atau pengolahan tanah secara minimal. Menurut Zhang *et al* (2016), pengelolaan tanah yang berkelanjutan yang mencakup penggunaan bahan organik, pemupukan yang tepat, dan penghindaran pembajakan tanah berlebihan dapat meningkatkan infiltrasi tanah dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi serta degradasi. Oleh karena itu, laju infiltrasi tanah merupakan indikator penting dalam menjaga kualitas dan kesuburan tanah untuk mendukung produksi pertanian yang optimal. Laju infiltrasi di klasifikasikan oleh USDA (*United States Department of Agriculture*) tahun 1999

Tabel 1. Klasifikasi laju Infiltrasi

Kelas	Laju infiltrasi konstan (mm jam ¹)	Laju infiltrasi konstan (cm jam ¹)
Sangat Cepat	>50,80	>500,80
Cepat	15,24-50,79	150,24-500,80
Sedang-Cepat	5,08-15,24	50,08-150,24
Sedang	1,52-5,08	10,52-50,08
Sedang-Lambat	0,51-1,52	5,1-10,52
Lambat	0,15-0,51	1,5 – 5,1
Sangat Lambat	0,004-0,15	0,04-1,5

Sumber: USDA (*United States Department of Agriculture*), (1999)

Tanaman legum, seperti kacang hijau, umumnya memerlukan laju infiltrasi pada kelas sedang hingga cepat agar air dapat tersedia cukup tanpa menyebabkan genangan yang berlebihan di sekitar perakaran. Sebaliknya, pada tanaman padi sawah yang dibudidayakan dengan sistem tergenang, laju infiltrasi yang sesuai adalah kelas lambat hingga agak lambat, karena kondisi ini dapat menahan air lebih lama di permukaan tanah dan menjaga keberlanjutan genangan yang dibutuhkan tanaman. Dengan demikian, penyesuaian kelas infiltrasi tanah terhadap jenis tanaman menjadi faktor penting dalam pengelolaan lahan pertanian.

2.2 Laju Infiltrasi Persamaan Horton

Model Horton merupakan salah satu model empiris yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan penurunan laju infiltrasi tanah terhadap waktu. Horton (1933) menyatakan bahwa laju infiltrasi menurun secara eksponensial dari nilai awal yang tinggi menuju nilai konstan seiring bertambahnya waktu infiltrasi.

Secara matematis, model ini dituliskan sebagai: $f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$ di mana f adalah laju infiltrasi pada waktu t , f_0 (*initial infiltration rate*) merupakan laju infiltrasi awal pada saat permukaan tanah baru tergenang air, f_c (*final infiltration rate*) adalah laju infiltrasi konstan yang dicapai setelah waktu tertentu, dan k (*decay constant*) merupakan konstanta penurunan laju infiltrasi yang

menunjukkan kecepatan berkurangnya infiltrasi terhadap waktu. Nilai k yang tinggi menunjukkan bahwa infiltrasi tanah menurun dengan cepat, sedangkan nilai k yang rendah menunjukkan penurunan yang lebih lambat (Horton, 1993).

Secara fisik, nilai f_0 mencerminkan kondisi awal tanah, terutama porositas dan jumlah pori makro yang masih terbuka, sehingga tanah bertekstur kasar seperti pasir cenderung memiliki f_0 tinggi. Nilai f_c menggambarkan kemampuan tanah mempertahankan laju infiltrasi setelah jenuh, yang dipengaruhi oleh pori mikro, bahan organik, dan kepadatan tanah. Sementara itu, konstanta k bergantung pada struktur tanah dan tingkat kejenuhan yang menentukan kecepatan penurunan infiltrasi. Betancur-Vargas *et al* (2017) menegaskan bahwa parameter-parameter tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi kapasitas infiltrasi berbagai jenis tanah dan memprediksi aliran permukaan serta potensi pengisian air tanah. Oleh karena itu, model Horton dianggap mampu memberikan deskripsi dinamis mengenai perubahan laju infiltrasi tanah dari kondisi awal hingga stabil, serta menjadi acuan penting dalam analisis hidrologi dan konservasi tanah

2.3 Tanaman kacang hijau

Tanaman kacang hijau (*Vigna radiata L.*) adalah salah satu tanaman legum yang penting, dengan banyak manfaat baik sebagai sumber pangan maupun sebagai tanaman yang mampu memperbaiki kesuburan tanah. Tanaman ini memiliki kemampuan untuk melakukan simbiosis mutualisme dengan bakteri pengikat nitrogen di akar, yang dikenal dengan istilah nodul. Proses ini memungkinkan tanaman untuk memperoleh nitrogen dari udara, yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Kacang hijau tumbuh optimal pada suhu sekitar 25-30°C dan membutuhkan kelembaban udara antara 50-90%. Oleh karena itu, tanah yang cocok untuk tanaman kacang hijau adalah tanah dengan tekstur ringan, yang tidak mengandung terlalu banyak partikel liat, karena tanah yang padat bisa menghambat perkembangan akar dan pertumbuhannya (Sutrisno, 2020).

Tanaman kacang hijau memiliki taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisio : Spermatophyta (Tumbuhan Berbiji)
 Subdivisio : Angiospermae (Berbiji Tertutup)
 Class : Dicotyledonae (Berkeping Satu)
 Ordo : Leguminales (Legum)
 Familia : Leguminosae Genus: Vigna
 Spesies : Vigna radiata

Pada fase vegetatif, yang berlangsung hingga sekitar 35 hari setelah tanam, tanaman kacang hijau mengalami perkembangan akar, batang, dan daun yang cukup pesat. Fase vegetatif ini penting karena menentukan kekuatan awal tanaman untuk tumbuh. Tanaman ini akan mulai berbunga sekitar 34 hari setelah tanam. Pembungaan merupakan tanda masuknya tanaman ke fase generatif, yang menandakan bahwa tanaman mulai fokus pada produksi biji. Pada fase generatif, tanaman akan menghasilkan bunga yang berkembang menjadi polong, meskipun tidak semua bunga akan berkembang menjadi polong yang sempurna. Hanya sekitar 23-25% dari jumlah bunga yang dihasilkan yang akhirnya akan berkembang menjadi polong (Madurita, 2004).

Morfologi tanaman kacang hijau mencakup akar yang banyak bercabang dan membentuk nodula, batang yang kecil, serta daun yang tersusun majemuk dengan tiga helai anak daun per tangkai. Bunganya memiliki warna kuning pucat dengan bentuk yang menyerupai kupu-kupu, dan mekar pada pagi hari serta layu pada sore hari. Tanaman ini menghasilkan polong yang panjangnya sekitar 5-16 cm dan bijinya berbentuk bulat kecil dengan warna hijau gelap dan kilap kusam. Tanaman kacang hijau memiliki kemampuan beradaptasi dengan baik pada daerah kering, asalkan diberikan pemeliharaan yang tepat (Oktaviani, 2020).

2.4 Mekanisme *biochar* terhadap infiltrasi

Mekanisme *biochar* terhadap infiltrasi tanah bekerja melalui beberapa cara yang saling berhubungan. *Biochar* dapat meningkatkan porositas tanah, yaitu dengan menciptakan ruang pori tambahan yang lebih besar di dalam tanah. Struktur berpori *biochar* membantu memperbaiki pergerakan air dalam tanah dengan

memungkinkan air meresap lebih cepat ke dalam lapisan tanah. Biochar dapat menurunkan kepadatan tanah, pada tanah yang padat, seperti tanah liat, pergerakan air sering terhambat karena ruang pori yang terbatas (Novak, 2016). Biochar, dengan sifatnya yang ringan dapat mengurangi kepadatan tanah dan membuka ruang pori yang lebih luas yang akan meningkatkan infiltrasi air. Biochar dapat meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air (Edriani dkk, 2013)

2.5 Biochar

Biochar adalah produk karbon yang stabil dan padat yang diperoleh melalui pirolisis biomassa dalam kondisi kekurangan oksigen pada suhu tinggi. Proses ini tidak hanya menghasilkan biochar, tetapi juga menghasilkan gas dan cairan yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Biochar digunakan dalam pertanian untuk meningkatkan kualitas tanah, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan unsur hara. Selain itu, biochar juga berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang penting bagi proses dekomposisi dan pembusukan bahan organik. Pemanfaatan biochar pada lahan pertanian semakin populer karena kemampuannya dalam mengatasi masalah degradasi tanah, terutama pada lahan yang terdegradasi dan tidak subur (Schimmelpfennig dan Glaser, 2012).

Pada penelitian ini digunakan tiga jenis biochar, yaitu biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, dan biochar batang singkong. Ketiga jenis biochar tersebut dipilih karena memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda yang dapat memengaruhi sifat tanah, khususnya laju infiltrasi. Biochar sekam padi memiliki tekstur halus, berwarna hitam keabu-abuan dengan porositas tinggi dan pH yang cenderung basa, sehingga efektif dalam meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan kemampuan tanah menahan air (Masulili et al, 2009). Biochar tongkol jagung memiliki tekstur lebih kasar dengan ukuran pori yang besar, sehingga mampu memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan porositas, serta mempercepat

infiltrasi air ke dalam tanah (Arthur *et al*, 2017). Sementara itu, biochar batang singkong memiliki tekstur sedang hingga agak kasar dengan luas permukaan yang cukup tinggi dan kandungan karbon stabil, sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara (Fermentation, 2021). Dengan perbedaan karakteristik tersebut, ketiga biochar ini diharapkan dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju infiltrasi tanah pada pertanaman kacang hijau di tanah Ultisol.

Proses pembuatan biochar melibatkan pirolisis biomassa pada suhu yang bervariasi, tergantung pada jenis bahan baku dan tujuan penggunaannya. Pirolisis pada suhu rendah menghasilkan biochar dengan kandungan karbon lebih rendah, sementara pada suhu tinggi, kandungan karbonnya meningkat, menjadikannya lebih stabil dan efisien untuk digunakan dalam pertanian. Beberapa jenis bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan biochar meliputi limbah pertanian seperti sekam padi, jerami, tongkol jagung, serta bahan-bahan organik lain seperti pelepah kelapa dan kotoran ternak. Penggunaan bahan baku yang beragam ini memberikan variasi dalam sifat fisik dan kimia biochar yang dihasilkan. Penelitian menunjukkan bahwa biochar memiliki potensi untuk meningkatkan hasil pertanian dengan meningkatkan kualitas tanah dan membantu mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan karbon (Lehmann dan Joseph, 2015). Selain itu, biochar juga dapat memperbaiki retensi air tanah dan mengurangi kebutuhan

2.6 Unsur hara NPK

Menurut Pratiwi *et al* (2020), unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sangat penting untuk pertumbuhan tanaman karena dibutuhkan dalam jumlah besar. Nitrogen mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan klorofil, sementara kekurangan atau kelebihan nitrogen dapat mempengaruhi kesehatan tanaman. Fosfor berperan dalam pembentukan akar, pembelahan sel, dan pemasakan buah, sedangkan kalium membantu proses fotosintesis, ketahanan tanaman terhadap penyakit, serta kualitas biji dan buah. Pengolahan tanah yang tidak tepat dapat mengurangi kandungan unsur hara ini,

sehingga pemahaman tentang kandungan tanah dan pemberian pupuk yang tepat sangat penting untuk hasil panen yang optimal (Pratiwi, 2020).

Kekurangan unsur hara makro pada tanah dapat menghambat pertumbuhan dan mengurangi hasil pertanian. Nitrogen, yang mudah hilang melalui perkolasi air, memerlukan pemupukan teratur untuk mendukung perkembangan tanaman. Fosfor, yang berperan dalam proses metabolisme dan stres tanaman, harus tersedia cukup untuk mendukung pertumbuhan akar yang sehat. Kalium, selain meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama, juga meningkatkan pembentukan karbohidrat dan protein. Oleh karena itu, pemupukan yang tepat sangat diperlukan untuk memastikan ketersediaan unsur hara yang cukup bagi tanaman guna mencapai hasil yang maksimal (Haryadi, 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 sampai dengan bulan Juli 2025. Lokasi penanaman ini akan dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis Laju infiltrasi tanah akan dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah : *double ring infiltrometer*, sekop, cangkul, gayung, kayu/papan, palu karet, ember, ember, penggaris, plastik, meteran, stopwatch, ring sampel, oven, dan timbangan elektrik. Sedangkan bahan yang diperlukan diantaranya sampel tanah dan larutan *Calgon* untuk menentukan tekstur tanah (metode *hydrometer*), air untuk menentukan laju infiltrasi

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktorial. Faktor pertama yaitu berupa residu bahan pembenah tanah di petak percobaan dengan berbagai kombinasi biochar (B) dengan 4 taraf yakni terdiri dari :

- B0 : Tanpa menggunakan bahan pembenah tanah
 B1 : Residu biochar sekam padi 5 ton/ha
 B2 : Residu biochar tongkol jagung 5 ton/ha
 B3 : Residu biochar batang singkong 5 ton/ha

Faktor kedua yaitu berupa dosis pemupukan N, P, dan K, dengan 3 taraf yakni terdiri dari :

- P0 : 0 dosis pemupukan (Urea 0 kg/ha, TSP 0 kg/ha, dan KCl 0 kg/ha).
 P1 : ½ dosis pemupukan (Urea 25 kg/ha, TSP 39 kg/ha, dan KCl 25 kg/ha).
 P2 : 1 dosis pemupukan (Urea 50 kg/ha, TSP 78 kg/ha, dan KCl 50 kg/ha).

Berdasarkan kedua faktor perlakuan di atas, maka diperoleh 12 kombinasi perlakuan yang disajikan pada tabel 2

Tabel 2. Dosis Kombinasi Perlakuan Residu Biochar Dan Pemupukan NPK

No	Kode	Biochar	Pupuk (Kg)		
			Urea	TSP	Kcl
1	B0P0	0	0	0	0
2	B0P1	0	25 kg	25 kg	39 kg
3	B0P2	0	50 kg	50 kg	78 kg
4	B1P0	Biochar sekam padi 5 ton/ha	0	0	0
5	B1P1	Biochar sekam padi 5 ton/ha	25 kg	25 kg	39 kg
6	B1P2	Biochar sekam padi 5 ton/ha	50 kg	50 kg	78 kg
7	B2P0	Biochar Tongkol Jagung 5 ton/ha	0	0	0
8	B2P1	Biochar Tongkol Jagung 5 ton/ha	25 kg	25 kg	39 kg
9	B2P2	Biochar Tongkol Jagung 5 ton/ha	50 kg	50 kg	78 kg
10	B3P0	Biochar Batang Singkong 5 ton/ha	0	0	0
11	B3P1	Biochar Batang Singkong 5 ton/ha	25 kg	25 kg	39 kg
12	B3P2	Biochar Batang Singkong 5 ton/ha	50 kg	50 kg	78 kg

Pada perlakuan diatas dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok sehingga diperoleh total satuan percobaan yaitu $3 \times 4 \times 3 = 36$ satuan percobaan dengan pupuk dasar yaitu pupuk kandang sapi 5 ton/ha.



Gambar 2. Tata Letak Percobaan

3.4 Sejarah 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. Kemudian, lahan tersebut digunakan untuk penelitian pada tahun 2023 dengan perlakuan aplikasi berbagai jenis biochar dan NPK pada tanaman jagung. Pada tahun 2024, digunakan untuk penelitian dengan perlakuan residu bahan pembenah tanah dan NPK pada tanaman jagung. Dan pada tahun 2024-2025, lahan ini digunakan untuk penelitian dengan perlakuan residu biochar tahun ke-2 dan NPK pada tanaman kacang hijau.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan lahan

Pada tahap persiapan lahan, langkah pertama adalah membersihkan area yang akan ditanami menggunakan cangkul dan sabit untuk mempermudah pembuatan guludan serta petak percobaan. Setelah itu, dilakukan pengolahan tanah secara menyeluruh untuk menggemburkan tanah. Tujuan dari pengolahan tanah ini adalah untuk memperbaiki struktur tanah, mengendalikan pertumbuhan gulma, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Proses pengolahan tanah yang baik akan memastikan porositas tanah yang optimal, yang pada gilirannya akan meningkatkan infiltrasi air dan udara ke dalam tanah. Setelah pengolahan selesai, dilakukan pembuatan petak percobaan dengan ukuran 4 x 2 meter, dengan jarak antar petak perlakuan sebesar 0,25 meter dan jarak antar petak ulangan sebesar 1 meter.

3.5.2 Aplikasi Pupuk Kandang Sapi

Pupuk kandang sapi diberikan satu minggu sebelum penanaman dengan dosis yang telah ditentukan. Pada penelitian ini pupuk kandang sapi digunakan sebagai pupuk dasar, dosis pupuk kandang sapi yaitu 5 ton per hektar, yang setara dengan 8,7 kg per petak. Aplikasi pupuk dilakukan dengan menempatkan pupuk pada setiap baris tanaman di setiap petak percobaan. Setiap petak percobaan terdiri dari 10 baris tanaman, dan pupuk kandang sapi diterapkan pada 36 petak percobaan. Setelah penaburan pupuk, pupuk kandang sapi yang telah tersebar merata di setiap baris tanaman kemudian diaduk menggunakan cangkul agar tercampur dengan baik dengan tanah. Selanjutnya, baris tanaman ditutup kembali dengan tanah untuk mengurangi kemungkinan pupuk kandang sapi terbawa oleh air atau angin.

3.5.3 Penanaman benih kacang hijau

Benih yang digunakan pada penelitian ini adalah benih kacang hijau varietas Vima 1, penanaman benih kacang hijau akan dilakukan dengan cara di tugal.

Sebelum ditanam, benih kacang hijau direndam dalam air selama satu malam. Tujuan perendaman ini adalah untuk memisahkan benih yang baik dari yang rusak, dimana benih yang sehat akan tenggelam ke dasar air. Benih yang telah terpilih kemudian diberi inokulum rhizobium untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen. Pada setiap lubang tanam, akan diletakkan 3-4 benih dengan kedalaman sekitar 2-3 cm. Setiap guludan terdiri dari 10 baris tanaman, dengan jarak tanam antar tanaman sebesar 40 x 20 cm, sehingga total terdapat 100 tanaman per petak. Setelah penanaman, lubang tanam ditutup dengan tanah untuk melindungi benih dari gangguan binatang atau serangga yang dapat merusak atau menggagalkan pertumbuhannya. Jika ada benih yang tidak tumbuh, dilakukan penyulaman. Pada umur 1 MST (minggu setelah tanam), penjarangan dilakukan untuk memilih tanaman dengan pertumbuhan terbaik.

3.5.4 Pemupukan Tanaman

Pemberian pupuk dilakukan sebanyak satu kali selama masa tanam yaitu pada saat tanaman telah berumur 7 Hari Setelah Tanam (HST). Pupuk diberikan pada pagi hari dengan cara ditugal di sekitar perakaran tanaman kacang hijau, dengan jarak sekitar ± 5 cm dari akar tanaman.

3.5.5 Pengamatan Tanaman

Pengamatan yang dilakukan pada tanaman kacang hijau meliputi pengukuran tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk menilai dampak pemberian bahan pembenah tanah dan pemupukan NPK terhadap perkembangan tanaman kacang hijau. Pengamatan dilakukan pada 5 tanaman sampel di setiap petak percobaan, dengan total 180 sampel yang diamati sejak 1 Minggu Setelah Tanam (MST). Tanaman yang dipilih untuk pengamatan terletak pada baris ke-4, 5, 6, dan 7, dengan pemilihan sampel dilakukan secara acak di setiap baris. Pemilihan tanaman secara acak ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap pengaruh perlakuan dan meminimalkan faktor lingkungan yang mungkin mempengaruhi hasil di luar petak percobaan.

3.5.6 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman kacang hijau meliputi beberapa kegiatan, yaitu penyiraman, penyulaman, penjarangan, penyiangan gulma, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyulaman dilakukan pada lubang tanam yang tidak tumbuh tanaman kacang hijau, yang dilakukan pada usia 1 MST. Penyiangan dilakukan dengan mencabut gulma untuk mengurangi kompetisi dalam penyerapan unsur hara antara tanaman kacang hijau dan gulma. Untuk pengendalian OPT, dilakukan penyemprotan pestisida jenis furadan dengan dosis 2,5 gram/liter guna mencegah kerusakan yang disebabkan oleh hama dan penyakit.

3.5.7 Pemanenan

Pemanenan kacang hijau dilakukan setelah polong mencapai warna kuning kecoklatan atau hitam. Pada tahap ini, tanaman siap untuk dipanen. Proses panen dilakukan secara manual dengan cara memetik atau memotong ranting dan batang bagian atas tanaman. Kacang hijau yang telah dipanen kemudian dikumpulkan dalam wadah yang telah disediakan. Selanjutnya, kacang hijau yang terkumpul akan ditimbang sesuai dengan perlakuan yang diterapkan dalam percobaan.

3.5.8 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel diambil sebanyak 2 kali yaitu sebelum olah tanah dan sesudah panen. Sampel awal diambil pada 2 petak acak dan sampel akhir diambil di 36 petak percobaan dengan 12 kombinasi perlakuan. Pengambilan dilakukan dengan menggunakan alat *doeble ring infiltrometer*.

3.5.9 Analisis data

Analisis data yang digunakan setelah data hasil pengukuran dengan menggunakan *doeble ring infiltrometer* dalam penentuan laju infiltrasi menggunakan model persamaan Horton, yaitu

$$f = fc + (f_0 - fc)e^{-kt}$$

f = Laju infiltrasi (mm/jam)

f_0 = Laju Infiltrasi awal (mm/jam)

f_c = Laju Infiltrasi akhir/ setelah konstan (mm/jam)

e = Bilangan dasar logaritma Naperian (2,718)

k = Konstanta untuk jenis tanah

t = waktu yang dihitung dari mulainya hujan (jam)

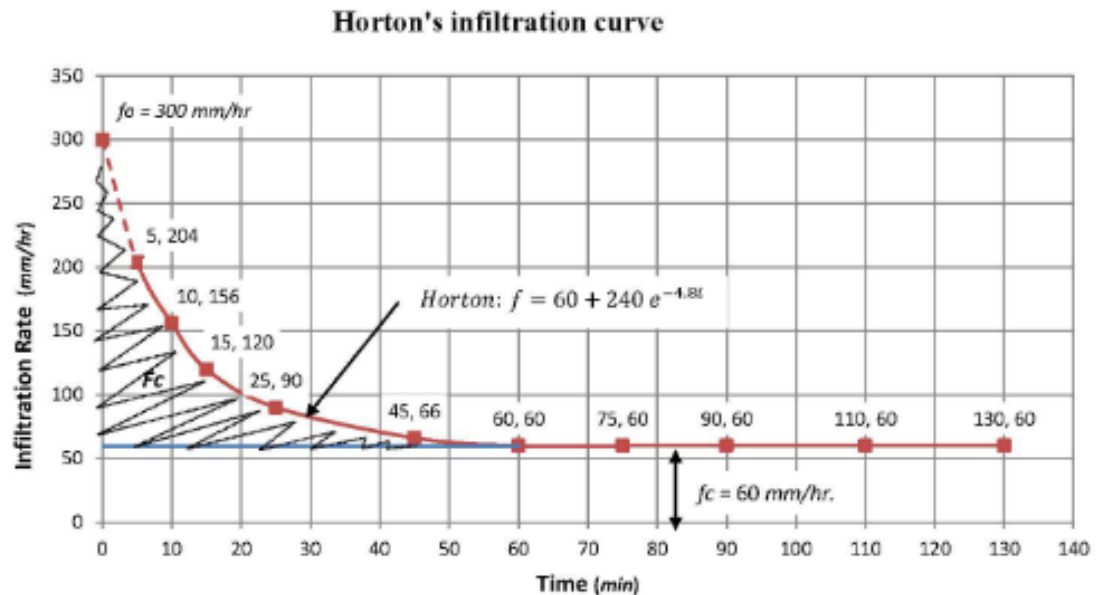
Tabel 3 Contoh Perhitungan Laju Infiltrasi Persamaan Horton

Waktu (Menit)	Kedalaman muka air (mm)	Kedalaman infiltrasi d (mm)	Laju Infiltrasi $f = \frac{d}{\Delta t} \times 60$ (mm/jam)
0	100	0	f_0
5	83	17	$f = \frac{17}{5} \times 60 = 204$
10	87	13	$f = \frac{13}{10-5} \times 60 = 156$
15	90	10	120
25	85	15	90
45	78	22	66
60	85	15	$60 = f_c$
75	85	15	60
90	85	15	60
110	80	20	60
130	80	20	60

Sumber: Shamil A. Behaya, 2017

Perhitungan laju infiltrasi menggunakan persamaan Horton pada penelitian ini mengikuti langkah perhitungan seperti contoh pada Gambar 3. Pada contoh tersebut, data penurunan muka air pada *double ring infiltrometer* dicatat pada interval waktu tertentu. Selisih antara kedalaman awal dan kedalaman akhir digunakan untuk memperoleh nilai kedalaman infiltrasi (d). Selanjutnya, laju infiltrasi (f) dihitung berdasarkan perubahan kedalaman air per satuan waktu

menggunakan rumus $f = \frac{d}{\Delta t} \times 60$. Setelah didapat laju infiltrasi konstannya (f_c), kemudian laju infiltrasi awal (f_0) dan konstanta penurunan (k) di dapat dari kurva pada gambar 3



Gambar 3. Kurva Laju Infiltrasi Persamaan Horton

Persamaan Horton $f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$

$f_0 = 300$ mm/jam, $f_c = 60$ mm/jam

$F_c = \text{Luas Area} = 6 \text{ satuan unit} \times \frac{50 \text{ mm}}{60 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} = 50 \text{ menit}$

Konstanta horton $k = \frac{(f_0 - f_c)}{F_c} = \frac{300 - 60}{50} = 4,8/\text{jam}$

Kemudian lanjutkan dengan Uji Bartlett, uji aditivitas dan Uji Tukey. Apabila asumsi terpenuhi, maka data akan dianalisis dengan sidik ragam. Bila analisis ragam nyata maka dilanjutkan dengan Uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf nyata 5%

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Variabel Utama

Variabel utama dalam penelitian ini adalah perhitungan laju infiltrasi dengan menggunakan alau *doeble ring infiltrometer*. Dengan cara ring pengukur dibenamkan secara vertikal kedalam tanah sedalam 15 cm dan ring penyangga sedalam 15 cm juga menggunakan balok kayu. Setelah di benamkan maka kedalaman ring cukup untuk membuat ring berdiri, diameter ring yang digunakan yaitu ring 30 cm dan ring luar 60cm.

Ring pengukur digenangi dengan tingkat kedalaman yang konstan, dan diukur kecepatan masuknya air kedalam tanah pada ring pengukur. Cara paling sesderhana adalah menambahkan air secara manual untuk mengetahui kapan air yarus ditambahkan, diperlukan penggaris. Ketika permukaan air dalam ring turun dan sampai pada titik petunjuk, maka dilakukan penambahan air sampai permukaan air dalam ring kembali pada titik awal. Rata rata laju infiltrasi dihitung dari volume penambahan air dan interval waktu penambahan.

Aliran yang konstan diasumsikan terjadi ketika kecepatan penurunan air dalam ring menjadi konstan, dilihat dari perhitungan waktu dan penurunan air pada ring tidak mengalami perubahan atau penurunan lagi.

3.6.2 Variabel pendukung

Variabel pendukung yang akan diamati yaitu:

1. Tekstur tanah

Analisis tekstur tanah dilakukan dengan cara menimbang sekitar 50 g tanah (Mw) dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan 50 ml larutan calgon 5%. Campuran ini dikocok dan didiamkan selama 10 menit, atau lebih baik semalaman. Selain itu, sebanyak 15 g tanah diambil untuk pengukuran kadar lengas (w). Selanjutnya, tanah dalam Erlenmeyer dimasukkan ke dalam gelas pengaduk listrik bersama 400 ml akuades dan dikocok selama 5 menit.

Suspensi yang terbentuk kemudian dipindahkan ke dalam tabung sedimentasi 1000 ml dan ditambahkan air hingga mencapai batas volume, lalu diaduk selama 2 menit. Setelah pengadukan selesai, stop watch dinyalakan segera setelah alat pengaduk diangkat. Hidrometer dimasukkan secara perlahan setelah 20 detik dan pembacaan angka pada hidrometer (H1) dilakukan setelah 40 detik, kemudian hidrometer diangkat dan dicuci. Suhu suspensi juga diukur dengan termometer (T1). Suspensi kemudian dibiarkan tanpa gangguan dan pembacaan kedua dilakukan setelah 2 jam (H2 dan T2). Sebagai pembanding, larutan blanko disiapkan dengan melarutkan 100 ml calgon dalam akuades hingga mencapai volume 1000 ml dalam tabung sedimentasi, lalu dilakukan pengukuran dengan prosedur yang sama.

$$\text{Perhitungan: } \%(\text{debu} - \text{liat}) = \frac{(H1-B1)+FK}{MP} \times 100\%$$

$$\% \text{liat} = \frac{(H2-B2)+FK}{MP} \times 100\%$$

Faktor koreksi suhu (FK) untuk T1 dan T2 adalah FK 0,36 (T°C-20°C)

lika Mw berat tanah yang digunakan, dan Mp adalah berat kering tanah, w. kadar lengas tanah, maka

$$Mp = Mw / (1 + w)$$

$$\% \text{ pasir} = 100 - (\% \text{ debu} + \text{liat})$$

$$\% \text{ pasir} = 100 - (\% \text{ liat} + \text{pasir})$$

Selanjutnya kelas tekstur tanah ditetapkan dengan menggunakan tekstur tanah

2. Kadar Lengas (Air) Tanah

Untuk mengukur kadar lengas (air) tanah Pertama, ditimbang kaleng timbang beserta tutupnya atau aluminium foil, lalu catat sebagai A (g). Setelah itu, masukkan sekitar 15 gram sampel tanah ke dalam kaleng timbang dan lakukan penimbangan kembali, kemudian catat sebagai B (g). Selanjutnya, pindahkan kaleng yang berisi tanah ke dalam oven dan atur suhu antara 102°C hingga 105°C. Proses pengeringan dilakukan selama 24 jam, dengan memastikan tutup kaleng

timbang dibuka sedikit atau aluminium foil tidak menutupi sepenuhnya agar uap air dapat keluar dengan baik. Jika jumlah sampel tanah yang dikeringkan cukup banyak, biarkan pintu oven sedikit terbuka selama 6 jam pertama untuk mempercepat penguapan, kemudian tutup kembali oven dan biarkan tanah tetap di dalamnya hingga total waktu pengeringan mencapai 24 jam. Setelah proses pengeringan selesai, keluarkan sampel tanah dari oven dan masukkan ke dalam desikator agar suhunya turun hingga mencapai suhu ruang. Jika desikator tidak tersedia, matikan oven dan biarkan tanah tetap di dalamnya selama sekitar 30 menit hingga cukup dingin. Terakhir, tutuplah kembali kaleng timbang dan lakukan penimbangan ulang, lalu catat berat akhirnya sebagai C (g).

Perhitungan: $W\% = \frac{MW - MP}{MP} \times 100\%$

Dimana

W%=Kadar air dalam persen

Mw= Massa padatan tanah basah (g)

Mp= Massa tanah kering

3. pH Tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan menggunakan metode Elektrometrik dengan pH meter di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Proses pengukuran dilakukan dengan mencampurkan tanah dan aquades dengan perbandingan 1:2,5. Tanah yang digunakan adalah tanah kering udara yang telah lolos ayakan 2 mm. Langkah-langkahnya adalah menimbang 5 gram tanah, memasukkannya ke dalam botol sampel, dan menambahkan 12,5 ml air distilata (larutan pereaksi). Campuran ini kemudian dikocok selama 30 menit menggunakan shaker, dibiarkan sejenak, dan diukur pH-nya menggunakan pH meter

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Terdapat pengaruh residu biochar tahun ke-2 terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*). Residu biochar batang singkong memiliki laju infiltrasi lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, tetapi residu biochar sekam padi memiliki laju infiltrasi terbaik dibandingkan perlakuan lainnya
2. Tidak terdapat pengaruh pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertanaman kacang hijau (*vigna radiata*)
3. Terdapat pengaruh interaksi aplikasi antara residu biochar tahun ke-2 dan pupuk N, P dan K terhadap laju infiltrasi pada pertumbuhan kacang hijau (*vigna radiata*). Perlakuan residu biochar sekam padi memiliki laju infiltrasi terbaik dibandingkan perlakuan lainnya

5.2 Saran

Penulis menyarankan perlu adanya penelitian lanjutan terhadap Residu biochar dan pemupukan N, P, K. Lahan tanam pada musim ini dapat digunakan untuk musim tanam selanjutnya, sehingga residu pembenah tanah yang terkandung didalam tanah dapat menunjukkan efek residu jangka panjang yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel Rahman, M. A., et al. 2022. Modelling and digital mapping of infiltration rate as influenced by initial moisture, texture, and porosity. *International Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 14(2), 45–58
- Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., & Wessolek, G. 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma*, 202–203, 183–191
- Achmad, R. 2011. *Ilmu Tanah dan Aplikasinya dalam Pertanian*. Yogyakarta: Deepublish
- Amoakwah, E. 2017. Effect of Corn Cob Biochar on Soil Properties and Maize Growth in Tropical Ultisols. *International Journal of Agronomy*, 1–8
- Anand Navya. 2020. Preparation and characterization of cassava stem biochar for mixed reactive dyes removal from simulated effluent. *Desalination and Water Treatment*, 189, 440–451.
- Aprisal. 2017. Sifat Fisika Tanah Ultisol dan Hubungannya dengan Laju Infiltrasi di Lahan Pertanian. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 19(2), 85–92
- Arthur, E., Cornelis, W. M., Vermang, J., & De Rocker, E. 2017. Effect of biochar on soil physical properties and water retention of a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 166, 18–25
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Produksi tanaman pangan (ton): Kacang hijau*. BPS. Jakarta
- Balai Pelatihan Tanah. 2023. *Analisis Tanah dan Pedoman Evaluasi Kesuburan Tanah*. Bogor: Kementerian Pertanian
- Brady, N. C., & Weil, R. R. 2017. *The Nature and Properties of Soils*. 15th Edition. Pearson Education Limited, London

- Betancur Vargas, T., Martínez-Urbe, C., García-Aristizábal, E. F., & Escobar-Martínez, J. F. 2017. Identification and Characterization of Regional Water Flows Contributing to the Recharge of an Unconfined Aquifer. *Revista Facultad de Ingeniería*, No. 85, 70–85
- Brar, B. S., Singh, J., Singh, G., & Kaur, G. 2015. Effects of Long Term Application of Inorganic and Organic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Physical Properties in Maize–Wheat Rotation. *Agronomy Journal*, 107(5), 1672–1680
- Danielle L. Gelardi, Irfan H. Ainuddin, Devin A. Rippner, Janis E. Patiño, Majdi Abou Najm, & Sanjai J. Parikh. (2021). *Biochar alters hydraulic conductivity and impacts nutrient leaching in two agricultural soils*. *Soil*, 7, 737–751.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2021. *Statistik Produksi Tanaman Pangan Tahun 2021*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- Dipa, H., Fauzi, M., & Handayani, Y. L. 2021. Analisis tingkat laju infiltrasi pada daerah aliran sungai (DAS) Sail. *Jurnal Teknik*, 15(1), 18–25
- Dwikoranto, A., Handayani, S., & Sutrisno, D. 2018. Estimation of infiltration rates of soils at selected sites using regression method. *Journal of Physics: Conference Series*, 983(1)
- Edriani, Sunarti, dan Ajidirman. 2013. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Soil Amandement Ultisol Sengai Bahar-Jambi. *J. Penelitian. Universitas Jambi Seri Sains*, 15(1), 39–46
- Franzluebbers, A. J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 197–205
- Gabriela Pereira da Silva Maciel, Polidoro, A. S., Lazzari. 2021. Activated Carbon from Rice Husk Biochar with High Surface Area. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3): 10265–10277.
- Gunawan. 2022. *Fisiologi tanaman: Proses dan mekanisme penyerapan unsur hara*. Deepublish. Yogyakarta
- Hardjowigeno, S. 2015. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo
- Haryadi, A. 2017. Pengaruh nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman dan produktivitas hasil pertanian. *Jurnal Ilmu Tanah*, 15(2), 91–98
- Harsha Wakudkar dan Sudhir Jain. 2022. A holistic overview on corn cob biochar: A mini-review. *Waste Management & Research*, 40(8).

- Horton, R. E. 1933. The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Transactions of the American Geophysical Union*, 14, 446–460
- Islami, M., et al. 2011. Pengaruh Pemberian Biochar terhadap Sifat Kimia dan Fisik Tanah serta Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 13(2), 101–107
- Joseph, S., et al. 2021. How biochar works, and when it doesn't: A review. *Global Change Biology Bioenergy*, 13(11), 1731–1760
- Khan, S., et al. 2024. Biochar production and characteristics, its impacts on soil fertility and crop productivity: A review. *Heliyon*, 10(3), e26988
- Kusuma, D., Siregar, M., & Fitriani, L. 2025. Respon Pertumbuhan Kacang Hijau terhadap Dosis Pupuk NPK dan Bahan Organik pada Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi Tropis*, 12(2), 99–108
- Krishna Nemali. 2017. Looking through the pores of a soilless substrate. *GrowerTalks*, Issue 8.
- Lehmann, J., & Joseph, S. 2015. *Biochar for environmental management: Science, technology, and implementation*. Routledge
- Li, Y., Li, Z., Cui, S., Jagadamma, S., & Zhang, Q. 2018. Residual effects of inorganic fertilizers and manure on soil physical properties in a long-term field experiment on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*, 175, 120–129
- Lin, J., et al. 2016. Impact of soil moisture initialization and soil texture on land surface hydrologic processes. *Journal of Hydrometeorology*, 17(5), 1517–1530
- Lukin, S. V. 2019. Legume reaction to soil acidity. *Amazonia Investigatio*, 8(23), 162–170
- Madurita, I. 2004. Pengaruh Waktu Tanam dan Jarak Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) di Lahan Kering. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 32(1), 15–21
- Masulili, A., Utomo, W. H., & Syekhfani. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil: The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agricultural Science*, 2(1), 39–47
- Mawardiana, S., Sufardi, & Husen, E. 2020. Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan NPK terhadap Dinamika Nitrogen dan Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(1), 45–53

- Mulyani, A., Agus, F., & Adimihardja, A. 2018. Pengaruh biochar terhadap sifat fisik tanah Ultisol dan pertumbuhan tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Tanah dan Iklim*, 42(2), 123–130
- Mustaqiman, M., Lubis, R. A., & Fitri, D. 2021. Pengaruh biochar tongkol jagung terhadap sifat fisik tanah Ultisol dan laju infiltrasi. *Jurnal Agroteknologi*, 5(4), 824–828
- Novak, J., Sigua, G., Watts, D., Cantrell, K., Shumaker, P., Szogi, A., Johnson, M. G., & Spokas, K. 2016. Biochars Impact On Water Infiltration And Water Quality Through A Compacted Subsoil Layer. *Chemosphere*, 142, 160–167
- Novita, D., Sari, H. D., & Putra, A. 2015. Pengaruh pemberian biochar limbah kedelai terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(1), 45–53
- Nigran Homdoun. 2022. Production and characterization of corncob biochar for agricultural use. *AIP Conference Proceedings*, 2681: 020034.
- Oktaviani, R. 2020. Morfologi dan Adaptasi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap Cekaman Kekeringan. *Jurnal Agronomi*, 28(3), 145–153
- Prasetyo, L. B., Hidayat, T., & Widyastuti, S. 2020. Teknik Pembuatan Biochar dan Penerapannya sebagai Amandemen Tanah. *Jurnal Agroteknologi*, 8(2), 79–90
- Prasetyo, A. 2020. Pengaruh biochar terhadap efisiensi pemupukan dalam meningkatkan kualitas tanah. *Jurnal Ilmu Tanah*, 18(1), 49–58
- Pratiwi, S., dkk. 2020. Peran unsur hara makro dalam mendukung pertumbuhan tanaman. *Jurnal Agroteknologi*, 19(3), 112–118
- Premalatha, R. P., et al. 2023. A review on biochar's effect on soil properties and crop productivity. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1134567
- Pasaribu, F. 2022. Kajian Laju Infiltrasi dan Permeabilitas Tanah pada Lahan Kelapa Sawit dengan Umur Tanam yang Berbeda di PT Waimusi Agroindah. *Universitas Jambi*
- Phuong Thu Le et al. . 2021. Preparation and Characterization of Biochar Derived from Agricultural By-Products for Dye Removal. *Journal of Chemistry*
- Santi, L. P., Utami, S. N. H., & Kusuma, Z. 2020. Pengaruh biochar batang singkong terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 251–258
- Shamil A. behaya.2017. *Hidrologi 4th Stage Civil Dept.* Bbylon University.

- Schimmelpfennig, S., & Glaser, B. 2012. Biomass-derived black carbon as an effective soil amendment to improve soil quality and crop yield. *Soil Biology and Biochemistry*, 49, 91–97
- Sharma, A., Singh, B., & Kumar, R. 2020. Impact of rice husk biochar on soil infiltration and stability due to silica content. *International Journal of Soil Science*, 15(3), 243–256
- Simanjuntak, R. D., Hidayat, A., & Yulnafatmawita. 2021. Aplikasi biochar tongkol jagung terhadap sifat fisik tanah Ultisol dan pertumbuhan tanaman kedelai. *Jurnal Solum*, 18(1), 14–21
- Siregar, M. 2024. Pengaruh Dosis Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau di Tanah Ultisol. *Jurnal Pertanian Tropika*, 9(1), 45–52
- Sitohang, L., & Utomo, W. H. 2016. Peranan Biochar terhadap Peningkatan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*, 10(1), 15
- Slami, M., et al. 2011. Pengaruh Pemberian Biochar terhadap Sifat Kimia dan Fisik Tanah serta Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 13(2), 101–107
- Suharti, D. 2017. Peran pupuk organik dalam meningkatkan kesuburan tanah dan keberlanjutan pertanian. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 25(2), 130–137
- Sulastri, S., & Suryanto, S. 2020. Perubahan Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Ultisol Akibat Pemberian Asam Humat. *Jurnal Agroekoteknologi*, 8(1), 15–22
- Sun junna *et al.* 2018. Effect of biochar amendment on water infiltration in a coastal saline soil. *journal of Soils and Sediments. olume & Edisi: Vol.* 18(11)
- Sutrisno, A., & Wicaksono, R. 2019. Tantangan dan peluang pengembangan budidaya kacang hijau di Indonesia. *Jurnal Pertanian dan Agribisnis*, 14(2), 105–112
- Sutrisno. 2020. Kemampuan Daya Saing Kacang Hijau di Tingkat Usahatani pada Lahan Salin: Studi Kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban. *Buletin Palawija*, 19(2), 93–102
- Syarifudin. 2019. Serapan Fosfor Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt) Akibat Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Pupuk SP-36 pada Entisols Sidera. *Universitas Tadulako, Palu* (Tesis Magister)

- United States Department of Agriculture (USDA). 1999. *Guide for the Evaluation of Soil Quality and Health*. Area of Soil Cartography and Land Evaluation, Argentina, Technical Document
- USDA-ARS. 2014. Influence of feedstock type on biochar's hydrologic properties. *ARS Research Highlights*
- Wang, Y., et al. 2024. Effects of soil physical properties on soil infiltration in forest ecosystems. *Forests*, 15(8), 1470
- Wangdi, R., & Sharma, S. 2022. Effect of rice husk biochar on soil water retention and crop productivity in sandy loam soils. *Soil & Tillage Research*, 217, 105268
- Widowati, R., Wulandari, S., & Hartatik, W. 2014. Aplikasi biochar untuk memperbaiki sifat tanah dan meningkatkan hasil tanaman. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 16(2), 79–86
- Wijitkosum, S., & Jiwnok, P. 2019. Elemental composition of biochar obtained from agricultural waste for soil amendment and carbon sequestration. *Applied Sciences*, 9(19), 3980
- Wijitkosum, S., & Sriburi, T. 2021. Effect of cassava stem and corn cob biochar on soil properties and water movement in degraded land. *Sustainability*, 13(14), 7715
- Xu, L., Zhang, S., & Wang, J. 2020. Effects of biochar amendment and fertilizer application on soil physical properties and root growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(3), 1125–1137
- Yusuf. 2014. Pemanfaatan kacang hijau sebagai pangan fungsional mendukung diversifikasi pangan di Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*, 1, 741–746
- Zhang, L., Wang, Z., & Li, Y. 2016. Effects of conservation tillage on infiltration and runoff in a loess hilly area, China. *Soil & Tillage Research*, 155, 77–85