

**PENGARUH PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA
DAN BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN LAHAN
TERHADAP N-TOTAL, P-TERSEDIA, DAN K-TERSEDIA TANAH
DI PERTANAMAN NANAS**

(Skripsi)

Oleh

**NATASYA SALSA BILLA
NPM 2114181006**



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGARUH PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA
DAN BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN LAHAN
TERHADAP N-TOTAL, P-TERSEDIA, DAN K-TERSEDIA TANAH
DI PERTANAMAN NANAS**

Oleh
NATASYA SALSA BILLA

Skripsi
Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada
Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN LAHAN TERHADAP N-TOTAL, P-TERSEDIA, DAN K-TERSEDIA TANAH DI PERTANAMAN NANAS

Oleh

Natasya Salsa Billa

Penurunan produksi nanas di Lampung berkaitan erat dengan tanah yang mengalami degradasi. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pengolahan lahan serta aplikasi pupuk organik terhadap N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah pada pertanaman nanas. Penelitian dilakukan di PT Great Giant Pineapple (GGP) dan analisis tanah dilakukan di R&D PT GGP. Penelitian menggunakan metode rancangan split plot dengan 8 perlakuan 4 ulangan. Petak Utama terdiri dari T_1 (bajak tanah kedalaman 30 cm+cacah serasah nanas 1 kali) dan T_2 (bajak tanah kedalaman 40 cm+cacah serasah nanas 2 kali). Anak Petak terdiri dari P_1 (kompos GGP 50 ton ha^{-1}), P_2 (kompos GGP 40 ton ha^{-1} +biochar 10 ton ha^{-1}), P_3 (kompos premium GGP 50 ton ha^{-1}), dan P_4 (kompos premium GGP 50 ton ha^{-1} +mikroba LOB 40 L ha^{-1}). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan T_1P_1 dapat meningkatkan kadar N-total tanah pada umur 6 BST ke 9 BST 0,03%, namun tidak signifikan pada 3 dan 6 BST. Perlakuan T_1P_1 meningkatkan P-tersedia tanah dari 3 BST ke 6 BST 23,77 ppm. Perlakuan T_1P_1 dan T_2P_3 meningkatkan K-tersedia tanah dari 3 BST ke 6 BST 19,77 ppm dan 11,06 ppm. Tidak ditemukan interaksi signifikan antara olah lahan bajak 40 cm dan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dalam meningkatkan hara tanah, namun perlakuan T_1P_1 menunjukkan kecenderungan dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah. Uji korelasi menunjukkan terdapat korelasi positif antara pH dengan K-tersedia tanah pada pengamatan 3 BST, C-organik dengan N-total pada pengamatan 6 BST, dan korelasi negatif antara C-organik dengan P-tersedia pada pengamatan 9 BST.

Kata kunci : N-total tanah, P-tersedia tanah, K-tersedia tanah, Pengolahan Tanah, Kompos GGP, Biochar, Tanaman Nanas.

ABSTRACT

EFFECT OF MICROBE-ENRICHED ORGANIC FERTILIZER AND BIOCHAR APPLICATION UNDER DIFFERENT SOIL TILLAGE SYSTEMS ON SOIL TOTAL NITROGEN, AVAILABLE PHOSPHORUS, AND AVAILABLE POTASSIUM IN PINEAPPLE CULTIVATION

By

Natasya Salsa Billa

The decline in pineapple production in Lampung is closely related to soil degradation. This study aimed to evaluate the effects of soil tillage and organic fertilizer application on soil total N, available P, and available K in pineapple cultivation. The research was conducted at PT GGP, and soil analyses were carried out at the R&D Laboratory of PT GGP. A split-plot design with eight treatments and four replications was used. The main plots consisted of T₁ (plowing to a depth of 30 cm+one-time chopping of pineapple residues) and T₂ (plowing to a depth of 40 cm+two-time chopping of pineapple residues). The subplots included P₁ (GGP compost 50 t ha⁻¹), P₂ (GGP compost 40 t ha⁻¹+biochar 10 t ha⁻¹), P₃ (premium GGP compost 50 t ha⁻¹), and P₄ (premium GGP compost 50 t ha⁻¹+LOB microbes 40 L ha⁻¹). The results showed that the T₁P₁ treatment increased total N content by 0.03% from 6 to 9 MAP, but the effect was not significant at 3 and 6 MAP. The T₁P₁ treatment increased available P by 23.77 ppm from 3 to 6 MAP, while T₁P₁ and T₂P₃ increased available K by 19.77 ppm and 11.06 ppm, respectively, from 3 to 6 MAP. No significant interaction was found between 40 cm tillage and microbe-enriched organic fertilizer in improving soil nutrient availability. However, the T₁P₁ treatment tended to enhance soil total N, available P, and available K. Correlation analysis revealed a positive correlation between soil pH and available K at 3 MAP, between soil organic C and total N at 6 MAP, and a negative correlation between organic C and available P at 9 MAP.

Keywords: Total N, Available P, Available P, Dispersion Ratio, Soil Tillage, GGP Compost, Biochar, Pineapple Plan

Judul Skripsi

: PENGARUH PENAMBAHAN PUPUK
ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN
BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM
PENGOLAHAN LAHAN TERHADAP N-
TOTAL, P-TERSEDIA, DAN K-TERSEDIA
TANAH DI PERTANAMAN NANAS

Nama Mahasiswa

: Natasya Salsa Billa

Nomor Pokok Mahasiswa

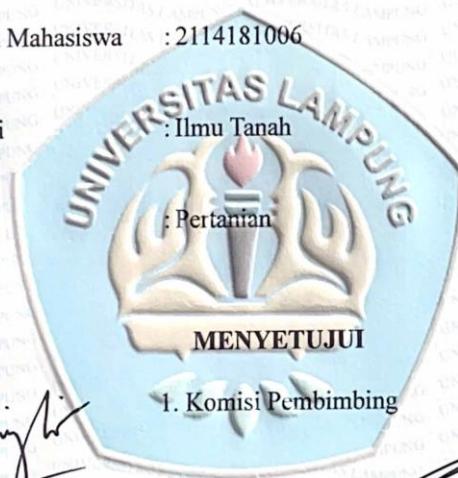
: 2114181006

Program Studi

: Ilmu Tanah

Fakultas

: Pertanian



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

NIP 196308041987032002

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

NIP 199403052023212024

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.

NIP. 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

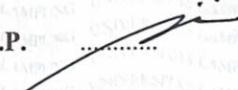
Ketua

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



Sekretaris

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



Anggota

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



2. Dekan Fakultas Pertanian

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

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 Oktober 2025

SURAT PERENYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul
**“PENGARUH PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK DIPERKAYA
MIKROBA DAN BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN
LAHAN TERHADAP N-TOTAL, P-TERSEDIA, DAN K-TERSEDIA
TANAH DI PERTANAMAN NANAS”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan
hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian *Matching Fund* tahun 2023
di PT Great Giant Pineapple (GGP) bersama dosen Jurusan Ilmu Tanah Fakultas
Pertanian Universitas Lampung a.n. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc. (Ketua)
dan a.n. Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P. (Anggota).

Adapun, bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini dikutip dari hasil
karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas serta sesuai kaidah
Pedoman Karya Ilmiah Universitas Lampung tahun 2020. Jika di kemudian hari
terbukti skripsi ini merupakan hasil karya orang lain atau dibuat oleh orang lain
maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang
berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 21 Oktober 2025



Natasya Salsa Billa
NPM 2114181006

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Timur, Lampung pada tanggal 24 November 2002, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari Bapak Supri Haryanto dan Ibu Suyanti. Pendidikan penulis dimulai dari Taman Kanak-kanak (TK) TK Al-Qodar Lampung Timur yang diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 4 Rajabasa Lama pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2021.

Pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif menjadi asisten beberapa mata kuliah, seperti Dasar-dasar Ilmu Tanah, Dasar-dasar Perlindungan Tanaman, Genesis dan Klasifikasi Tanah, Praktik Pengenalan Pertanian, Ilmu Tanah dan Kesuburan, dan Biologi Dasar. Selain menjadi asisten praktikum ataupun asisten dosen, selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di beberapa organisasi, seperti Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) sebagai Staf Ahli Dapartemen Eksternal periode 2023, Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Unila (Gamatala) sebagai Anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan periode 2023, dan menjabat sebagai Sekretaris Bidang Penelitian dan Pengembangan Gamatala pada periode 2024. Selain itu, pada awal tahun 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Betung, Lampung Selatan dan pada pertengahan tahun 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum di PT Great Giant Pineapple PG 1, Lampung Tengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidaya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan Lahan terhadap N-total, P-tersedia, dan K-tersedia Tanah di Pertanaman Nanas” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, dengan segenap rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Afandi, M.P. selaku dosen Pembimbing Utama atas bimbingan, motivasi, nasihat, ilmu dan motivasi selama penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Ibu Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P., selaku dosen Pembimbing Kedua yang telah membantu memberikan ide, nasihat, ilmu, motivasi serta kesabarannya selama penulis menjalankan proses penelitian dari awal hingga akhir, sampai penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan masukan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
6. Ibu Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan motivasi selama penulis melaksanakan perkuliahan.

7. Para Dosen Jurusan Ilmu Tanah FP Unila yang luar biasa, terima kasih untuk semua bimbingan, ilmu, motivasi, dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis selama penulis berkuliah di Ilmu Tanah.
8. PT Great Giant Pineapple terimakasih atas dukungan pelaksanaan penelitian ini.
9. Cinta pertama dan pintu surgaku, Papa Supri Haryanto dan Mama Suyanti, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, dua orang yang selalu mengusahakan semua kebutuhan anaknya. Kepada papa saya, terima kasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafkah demi anakmu bisa sampai kepada tahap ini dan terima kasih telah menjadi contoh untuk selalu menjadi seorang anak perempuan pertama yang kuat. Untuk mama saya, terima kasih atas segala motivasi, pesan, doa, dan harapan yang selalu mendampingi setiap langkah anakmu, terima kasih telah menjadi pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang saya tempuh. Semoga karya kecil kni menjadi langkah awal untuk membuat papa dan mama bahagia, karna sadar selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Terakhir, terima kasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya, I Love You.
10. Kedua adikku tersayang Muhammad Fathi Aldafa dan Adhwa Adiba Ramadhani yang selalu membuat penulis menjadi sosok kakak yang dapat memberikan pengaruh positif, baik dalam bidang akademik maupun *non-akademik*, serta berusaha menjadi panutannya di masa yang akan datang walaupun tidak sempurna.
11. Mba Astrid selaku Admin Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung terima kasih atas bantuannya pada proses administrasi yang penulis jalani sejak awal komisi pembimbing hingga selesai melaksanakan ujian komprehensif.
12. Keponakan dan teman-temanku yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu, terima kasih telah mendengarkan keluh kesah penulis, menjadi tempat penulis berkeluh kesah, menjadi sumber tawa, dan selalu memberikan semangat maupun motivasi terbaik.
13. Teman-teman satu tim penelitian (Mba Novri, Divani, Vina, Julia) terima kasih atas kerja samanya dalam menjalankan penelitian di GGP Lokasi 32C.

14. Teman-temanku Nanda, Salwa, Ulan, Vita, terima kasih telah bersenang hati mendengar segala keluh kesah dan selalu memberi semangat maupun motivasi.
15. Teman-temanku “Power Rangers” (Julia, Pina, Divani, Tamara), terima kasih sudah menjadi tempat keluh kesah dan sumber tawa. Terima kasih telah menjadi teman seperjuangan yang membuat proses ini tidak hanya tentang bekerja keras, tetapi juga saling menguatkan.
16. Teman Presidium Gamatala periode 2024, terima kasih sudah menjadi tempat keluh kesah, sumber tawa, serta pengalaman yang berharga yang telah diberikan.
17. Teman-teman Jurusan Ilmu Tanah angkatan 2021 serta semua pihak yang telah membantu, memberikan semangat, doa selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, 22 Oktober 2025

Penulis,

Natasya Salsa Billa

MOTTO

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

Q.S: Al-Insyirah ayat 6

In the end, I'm gonna be alright”

(Lany)

“Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi dan tidak ada mimpi yang patut diremehkan,
Lambungkan setinggi yang kau inginkan dan gapailah dengan selayaknya yang
kau harapkan”

(Maudy Ayunda)

“Hidup ini hanya ada dua pilihan, Berani maju keluar atau Mati”

(Natasya Salsa Billa)

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xxii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Kerangka Pemikiran.....	5
1.5 Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Ketersediaan Hara Makro dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Tanaman.....	11
2.2 <i>Biochar</i> Bambu	14
2.3 <i>Liquid Organic Biofertilizer(LOB)</i>	16
2.4 Kompos Kotoran Sapi	18
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Rancangan Penelitian.....	22
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.4.1 Penyiapan Lahan	23
3.4.2 Pengaplikasian Pupuk.....	23
3.4.3 Penanaman	24
3.4.4 Pemeliharaan tanaman	24
3.4.5 Pengambilan Sampel Tanah.....	24
3.5 Variabel Pengamatan.....	24
3.5.1 Variabel Utama	25
3.5.2 Variabel Pendukung	27
3.6 Analisis Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Kondisi Awal Tanah sebelum Aplikasi Perlakuan.....	29
4.2 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap Ketersediaan Hara	32

4.2.1 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap Ketersediaan N-total	32
4.2.2 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap Ketersediaan P-tersedia.....	37
4.2.3 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap Ketersediaan K-tersedia.....	43
4.2.4 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap C-organik	50
4.2.5 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap pH.....	55
4.2.6 Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan terhadap Berat Basah Brangkas Tanaman	59
4.3 Hubungan antara C-organik, pH, Berat Basah Brangkas Tanaman dengan N-total, P-tersedia, dan K-tersedia	62
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Simpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan Percobaan Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba dan Biochar pada Berbagai Sistem Pengolahan lahan Unsur hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada Tanah Ultisol di Lampung Tengah	22
2. Variabel Pengamatan Penelitian.....	25
3 Analisis Sampel Tanah Awal	29
4. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap N-total Tanah	32
5. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah pada 9 BST.....	34
6. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah	37
7. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah pada Pengamatan 6 BST.....	39
8. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah.....	44
9. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Pemberian Jenis Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah pada Pengamatan 3 BST.....	45
10. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah pada Pengamatan 6 BST	47

11. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah.....	51
12. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 3 BST	52
13. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap pH Tanah	55
14. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Pemberian Jenis Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 6 BST	57
15. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman.....	59
16. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Jenis Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman pada Pengamatan 9 BST.....	61
17. Hasil Uji Korelasi antara C-organik, pH, dan Berat Basah Brangkasan Tanaman terhadap N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada Pertanaman Nanas.....	63
18. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 3 BST	81
19. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 3 BST	81
20. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 3 BST.....	82
21. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 6 BST	82
22. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 6 BST	83
23. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 6 BST	83

24. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST	84
25. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST Data Transformasi Akar Kuadrat.....	84
26. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST Data Transformasi Akar Kuadrat	85
27. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap N-total Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST Data Transformasi Akar Kuadrat	85
28. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap N-total Tanah pada Pengamatan 9 BST Data Transformasi Akar Kuadrat	86
29. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST.....	86
30. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST	87
31. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST	87
32. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 6 BST.....	88
33. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 6 BST	88
34. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 6 BST	89
35. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah pada Pengamatan 6 BST.....	89

36. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 9 BST	90
37. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 9 BST	90
38. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap P-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 9 BST	91
39. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST	91
40. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST Data Transformasi Log	92
41. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST Data Transformasi Log	92
42. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST Data Transformasi Log	93
43. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Pemberian Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 3 BST Data Transformasi Log	93
44. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 6 BST	94
45. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 6 BST	94
46. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 6 BST	95
47. Hasil Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah pada Pengamatan 6 BST	95

48. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 9 BST	96
49. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah (ppm) pada Pengamatan 9 BST	96
50. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap K-tersedia Tanah pada Pengamatan 9 BST	97
51. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 3 BST	97
52. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Jenis Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan 3 BST	98
53. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 3 BST	98
54. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 3 BST	99
55. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 6 BST	99
56. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 6 BST	100
57. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 6 BST	100
58. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST	101
59. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST	101

60. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap C-organik Tanah (%) pada Pengamatan 9 BST	102
61. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 3 BST.....	102
62. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 3 BST.....	103
63. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 3 BST.....	103
64. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 6 BST.....	104
65. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 6 BST	104
66. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 6 BST	105
67. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Pemberian Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 6 BST	105
68. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 9 BST.....	106
69. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 9 BST.....	106
70. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap pH Tanah pada Pengamatan 9 BST	107
71. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 3 BST	107
72. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 3 BST	108
73. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 3 BST	108

74. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 6 BST	109
75. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 6 BST	109
76. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 6 BST	110
77. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 9 BST	110
78. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 9 BST	111
79. Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman (g) pada Pengamatan 9 BST	111
80. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pupuk Organik terhadap Berat Basah Brangkasan Tanaman pada Pengamatan 9 BST	112
81. Analisis Variabel Tanah Awal Sebelum Olah tanah	112
82. Hasil Analisis Tanah dan Tanaman pada Pengamatan 3 BST	113
83. Hasil Analisis Tanah dan Tanaman pada Pengamatan 6 BST	114
84. Hasil Analisis Tanah dan Tanaman pada Pengamatan 9 BST	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar pada berbagai sistem pengolahan lahan Unsur hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada tanah Ultisol di Lampung Tengah	9
2. Tata letak percobaan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar pada berbagai sistem pengolahan lahan unsur hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada tanah Ultisol di Lampung Tengah	23
3. Dinamika N-total tanah pada pertanaman nanas pada pengamatan awal, 3 BST, 6 BST, dan 9 BST	36
4. Dinamika P-tersedia tanah pada pertanaman nanas pada pengamatan 3 BST, 6 BST, dan 9 BST.....	42
5. Grafik dinamika K-tersedia tanah pada pertanaman nanas pada pengamatan awal, 3 BST, 6 BST, dan 9 BST.....	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil nanas di dunia. Provinsi Lampung merupakan penghasil nanas terbesar di Indonesia dengan produksi setahun mencapai $722.847 \text{ ton ha}^{-1}$ (Data BPS, 2023). Salah satu perusahaan yang melakukan budidaya nanas di Lampung yaitu PT Great Giant Pineapple (PT GGP). Berdasarkan Data BPS tahun 2023 terjadi penurunan produksi nanas di Lampung, yaitu dari $861.706 \text{ ton ha}^{-1}$ (2022) menjadi $722.847 \text{ ton ha}^{-1}$ (2023). Terjadinya penurunan produksi nanas disebabkan lahan telah terdegradasi yang disebabkan penggunaan pupuk kimia dan olah lahan intensif (Maula dkk., 2024).

Pada perkebunan nanas di PT GGP sudah melakukan pengolahan lahan secara intensif sejak tahun 1979. Bhakti dkk. (2017) menyatakan bahwa dampak negatif dari kegiatan olah lahan intensif yaitu tanah mudah mengalami erosi. Erosi menyababkan hilangnya unsur hara, meningkatkan kepadatan dan ketahanan penetrasi tanah dan penurunan bahan organik tanah (Arsyad, 2010). Penurunan kandungan bahan organik tanah menyebabkan aktivitas mikroba seperti fungi dan *Actinomycetes* yang berperan dalam dekomposisi bahan organik menjadi kurang optimal. Menurut Irfan (2014) mikroba berperan penting dalam dekomposisi bahan organik, penyedia hara, meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menjadi musuh bagi patogen tanaman. Upaya yang dilakukan oleh PT GGP untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan rehabilitasi lahan dengan pembajakan dalam, pengembalian serasah tanaman nanas ke lahan, dan aplikasi pupuk organik yang diperkaya mikroba dan *biochar*.

Pembajakan yang dilakukan yaitu bajak dalam, berupa penggunaan bajak singkal (*moalboard*) dengan kedalaman > 40 cm dan bajak piringan (*disk plow*) dengan kedalaman < 40 cm. Kedua bajak ini dapat membenamkan dan memperkecil ukuran serasah tanaman nanas, sehingga mempermudah laju dekomposisi. Keberhasilan proses dekomposisi akan meningkatkan kandungan humus dan unsur hara tanah seperti P dan N (Sujinah dkk., 2015). Kegiatan bajak dalam juga dapat menyebabkan struktur tanah menjadi gembur, sehingga ketersediaan oksigen di dalam tanah menjadi cukup bagi organisme tanah, akibatnya mampu meningkatkan efisiensi respirasi oleh organisme tanah. Selain itu, tanah yang gembur mampu meningkatkan ruang pori pada tanah, sehingga mendorong pergerakan akar dan meningkatkan aktivitas mikroba (Leeuwen dkk., 2017).

Pengembalian serasah tanaman nanas ke lahan juga dapat memperbaiki kesuburan tanah karena dapat mengembalikan sebagian besar unsur hara ke tanah. Proses dekomposisi serasah tanaman akan mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa anorganik yang menghasilkan hara mineral yang dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman (Hamzah dan Siswanto, 2023). Pengembalian serasah tanaman nanas yang dilakukan oleh PT GGP dilakukan dengan pengolahan lahan berupa pencacahan tanaman (*chopping*). Tujuan dari pencacahan tanaman (*chopping*) adalah untuk memotong dan mencacah sisa tanaman yang telah dipanen sehingga memudahkan proses penguraian sisa tanaman nanas dan pengembalian biomassa atau serasah tanaman nanas ke tanah. Pada tanaman nanas memiliki kandungan lignin, proses dekomposisi lignin berlangsung sangat lambat karena struktur kimia yang kompleks atau bersifat *recalcitrant* (sulit dirombak), sehingga untuk mempercepat dekomposisi adalah penambahan bahan organik yang kaya akan mikroba yaitu *Liquid Organic Biofertilizer* (LOB).

Penambahan bahan organik dapat bermanfaat untuk meningkatkan unsur hara tanah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nikiyuluw dkk. (2018), pemberian bahan organik berupa kompos memberikan pengaruh nyata terhadap kadar N, P, dan K dalam tanah. Penelitian yang juga dilakukan Kaya (2013) menunjukkan pemberian kompos jerami berbeda nyata dalam meningkatkan N-total. Kompos jerami dapat meningkatkan N-total dari 0,093% menjadi 0,111%. Penambahan

bahan organik tanah merupakan cara untuk menyediakan hara makro P (Yuniarti dkk., 2020). Namun, pupuk organik memiliki beberapa kelemahan yaitu rendahnya kandungan hara, serta tidak ketahanan dalam jangka panjang. Hal ini karena pupuk organik harus melalui proses mineralisasi dan proses immobilisasi unsur hara yang menyebabkan unsur hara tersedia bagi tanaman menjadi lebih lambat (Siwanto dkk., 2015). Rendahnya kualitas tanah yang dimiliki oleh PT GGP karena kandungan C-organik yang tidak bertahan lama. Oleh karena itu, perlu adanya penambahan mikroba yang mampu meningkatkan unsur hara di tanah. Mikroba yang diaplikasikan yaitu *Trichoderma* (Mikroba Pelarut Fosfat), *Bacillus* sp. (Mikroba Pelarut Fosfat), *Pseudomonas* sp. (Mikroba Pelarut Fosfat), *Azospirillum* sp. (Mikroba Fiksasi Nitrogen), dan *Azotobacter* (Mikroba Fiksasi Nitrogen). Peran penambahan mikroba ke pupuk organik yaitu sebagai penyedia unsur hara seperti penambat N₂ dari udara, pelarut P dan hara yang lain (Sahwan dkk., 2011). Mikroba yang dapat melarutkan Fosfat diantaranya yaitu *Trichoderma*, *Azospirillum* sp., *Azotobacter*, *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp. (Kumar dkk., 2014). Mikroba penambat Nitrogen diantaranya *Azotobacter* dan *Trichoderma* yang memiliki peran dalam proses konversi menjadi ammonium atau nitrat (Sapalina dkk., 2022).

Penambahan mikroba belum dapat meningkatkan hara atau bahan organik secara signifikan, oleh karena itu perlu ditambahkan *biochar*. *Biochar* merupakan arang hayati dari sebuah pembakaran tidak sempurna sehingga menyisakan unsur hara yang dapat menyuburkan tanah. *Biochar* menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah untuk membantu menguraikan bahan organik dalam tanah guna ketersediaan unsur hara (Mautuka dkk., 2022). *Biochar* berguna sebagai bahan yang penting untuk meningkatkan keamanan pangan dan keragaman tanaman di wilayah dengan tanah yang miskin hara, bahan organik rendah, dan kekurangan air. Hasil penelitian Sujana (2014), formulasi kombinasi antara dosis *biochar* sekam padi 9,28 ton ha⁻¹ dengan dosis kotoran ayam 8,54 ton ha⁻¹ dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dan pertumbuhan tanaman jagung, seperti terjadinya penurunan berat volume tanah, meningkatnya kadar air tanah, porositas total tanah, KTK, K-tersedia, P-tersedia, dan C-organik tanah. Penambahan *biochar* ke tanah meningkatkan ketersediaan kation tanah, P-tersedia, dan N-total. Dalam

jangka panjang *biochar* tidak mengganggu keseimbangan karbon dan Nitrogen, bahkan mampu menahan dan menjadikan air dan unsur hara lebih tersedia bagi tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut.

1. Apakah dengan pengolahan lahan bajak kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali mampu meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas dibandingkan bajak dengan kedalaman 30 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 1 kali?
2. Apakah pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* dapat meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah pada pertanaman nanas?
3. Adakah interaksi antara olah lahan bajak dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali dan pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui pengolahan lahan bajak dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali terhadap peningkatan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas dibandingkan bajak dengan kedalaman 30 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 1 kali.
2. Mengetahui pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* terhadap peningkatan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah pada pertanaman nanas.
3. Mengetahui interaksi antara olah lahan bajak dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali dan pengaplikasian pupuk organik

diperkaya mikroba dan *biochar* dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas.

1.4 Kerangka Pemikiran

Penurunan produksi nanas akhir-akhir ini diduga disebabkan oleh pengolahan lahan yang intensif. Pengolahan lahan yang intensif menyebabkan tanah mengalami degradasi, sehingga terjadi penurunan kualitas tanah baik pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Degradasi yang terjadi mengakibatkan pengurangan unsur hara tanah baik unsur hara makro maupun mikro. Munculnya masalah-masalah lahan tersebut tentu saja menyebabkan produksi nanas menurun.

Menurunnya tingkat produksi nanas menjadi masalah yang harus diatasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan rehabilitasi tanah. Rehabilitasi tanah dilakukan ketika suatu tanah mengalami kerusakan kimia tanah dengan cara penambahan bahan organik, pupuk organik atau bahan pemberah tanah. Pemberian pupuk organik dan bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara signifikan, sehingga mempercepat proses pemulihan kualitas tanah yang rusak akibat penggunaan intensif atau degradasi lingkungan (Ranesa dkk., 2024). Rehabilitas yang dilakukan oleh PT GGP yang lain yaitu dengan pengolahan lahan yang tepat berupa bajak dalam dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali.

Pencacahan serasah tanaman nanas merupakan sumber nutrisi bagi mikroba tanah. Dengan tersebut mikroba pengurai bahan organik akan terus berkembang dan menguraikan bahan organik dengan lebih cepat. Pengembalian serasah memegang peranan yang penting karena serasah menjadi sumber pengembalian unsur hara ke tanah. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Evizal dkk. (2012) bahwa pengembalian berbagai serasah pada agroekosistem akan meningkatkan unsur N dan P. Selanjutnya, Liu dkk. (2013) menyatakan bahwa pemberian sisa tanaman nanas sangat nyata meningkatkan ketersediaan unsur hara N, P dan K pada tanah dan meningkatkan produksi nanas. Penelitian Asnur dkk. (2023) juga membuktikan bahwa serasah jabon memberikan kontribusi unsur N, P, dan K ke tanah. Serasah

diuraikan dengan bantuan mikroba. Pencacahan serasah tanaman 2 kali dapat mempercepat proses dekomposisi. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran potongan bahan asalnya, semakin cepat proses penguraiannya. Pada percobaan terkait variasi ukuran partikel sampah organik 1; 1,5; dan 5 cm, semakin kecil semakin baik proses pengomposan (Kurnia dkk., 2017), semakin meningkatnya ukuran pertikel maka semakin lama waktu pengomposan (Fitradha dkk., 2022).

Aktivitas mikroba tanah didukung oleh meningkatnya oksidasi dan aliran gas CO₂ di dalam tanah. Lingkungan yang baik bagi mikroba dapat diciptakan dengan pengolahan lahan intensif yaitu salah satunya dengan bajak dalam. Aktivitas bajak dalam menghasilkan kerapatan tanah berkurang (gembur) menyebabkan porositas tanah meningkat sehingga di dalam tanah terdapat banyak ruang yang mampu memperbaiki drainase dan aerasi tanah yang diperlukan mikroba tanah dalam proses respirasi tanah agar berjalan dengan baik. Mikroba dalam setiap aktivitas membutuhkan O₂ dan mengeluarkan CO₂ yang dijadikan dasar untuk pengukuran respirasi tanah dan biomassa karbon mikroba. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Yang dkk. (2019) yang menyatakan bahwa ukuran agregat dan berat volume tanah secara signifikan memengaruhi komunitas mikroba dan respirasi tanah. Bajak dengan kedalaman 40 cm lebih baik daripada 30 cm karena bisa menembus lapisan keras, menciptakan struktur tanah yang lebih baik, dapat meningkatkan aerasi, dan permeabilitas meningkat. Alhadi dkk. (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa dengan dilakukan pengolahan tanah dengan bajak paling dalam maka dapat menciptakan ruang pori yang baik untuk pergerakan air didalam tanah sehingga permeabilitas tanah akan meningkat.

Dekomposisi lignin berlangsung sangat lambat. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya agar mikroba dapat mempercepat dekomposisi yaitu dengan cara penambahan bahan organik yang kaya akan mikroba. Peran bahan organik terhadap ketersediaan unsur hara tidak terlepas dari proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan bahan organik. Dalam proses mineralisasi akan dilepas mineral-mineral hara tanaman (N, P, K) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil. Bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan N, P, dan K tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani dan Nuraini (2018)

membuktikan bahwa pengaplikasian kompos kotoran sapi dan limbah cair nanas meningkatkan ketersediaan N, P, dan K pada tanah Ultisol di Lampung Tengah.

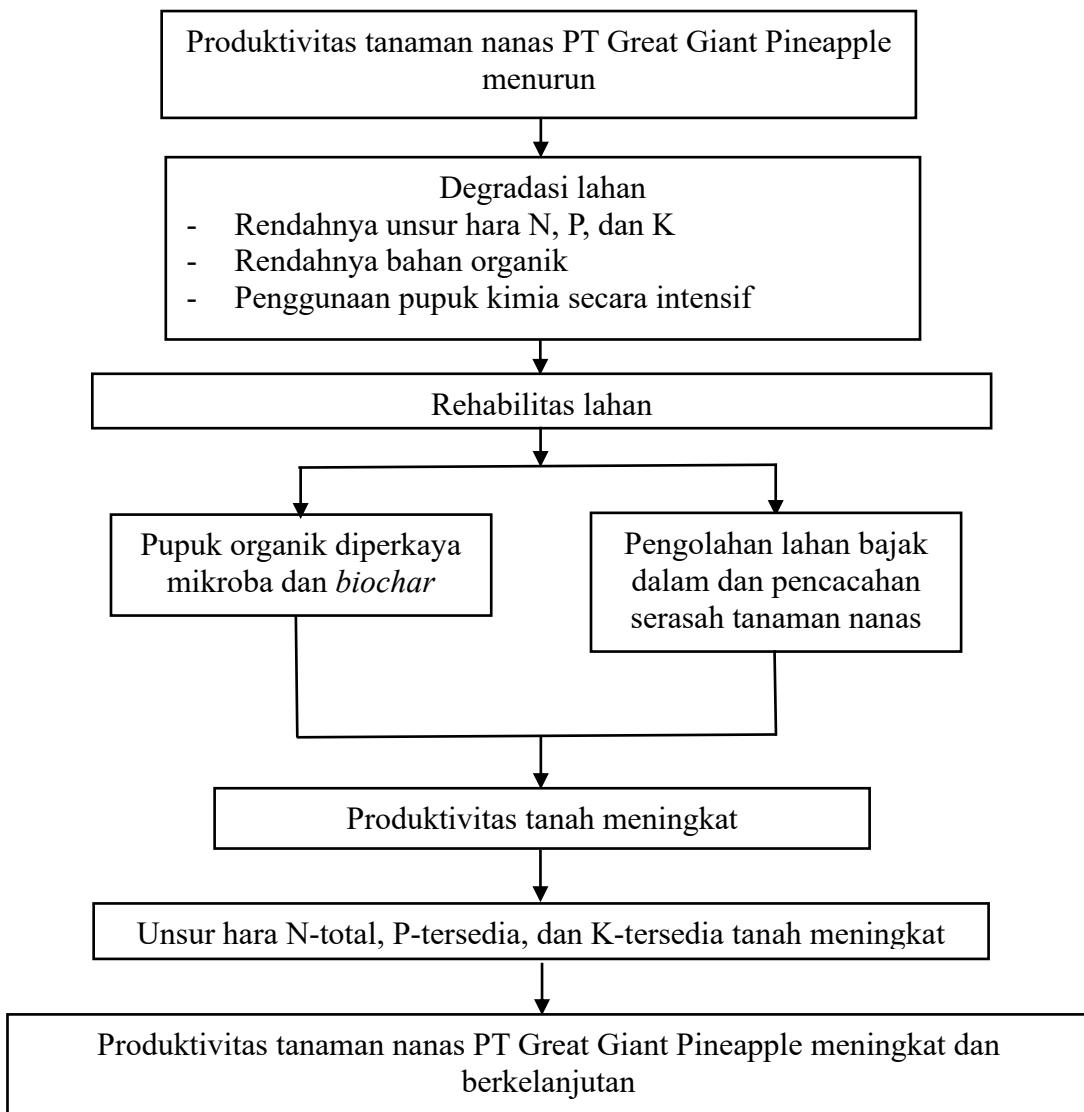
Pada perlakuan olah lahan bajak dalam yang ditambah dengan sisa-sisa tanaman nanas diduga dapat meningkatkan aktivitas mikroba. Pada kondisi tersebut tanah memiliki pasokan oksigen yang cukup, sehingga meningkatkan efisiensi respirasi oleh organisme tanah sehingga aktivitasnya bertambah. Dalam hal ini mengakibatkan proses dekomposisi bahan organik akan meningkat. Saibi dan Tolangara (2017) melaporkan bahwa proses dekomposisi oleh bakteri sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama ketersediaan oksigen terlarut khususnya bagi bakteri pendekomposer untuk mendekomposisikan bahan organik. Semakin banyak bahan organik yang tersedia di dalam tanah, maka semakin tinggi pula oksigen yang dibutuhkan untuk merombaknya. Dalam perombakan bahan organik dapat dipercepat dengan pengaplikasian pupuk organik yang diperkaya mikroba. Penggunaan ini dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengandung mikroba penambat Nitrogen dan mikroba pelarut Posfat yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur N dan P. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian tentang pengaruh mikroba penambat N dan bakteri pelarut posfat yang dilakukan terhadap tanaman kedelai (Sukmasari dkk., 2021).

Pupuk organik diperkaya mikroba mengandung berbagai macam mikroba (bakteri dan jamur) yang menguntungkan. Menurut Sahwan dkk. (2011) pupuk organik dengan penambahan mikroba-mikroba fungsional akan meningkatkan mutu dan efektivitas dari pupuk organik dalam menyediakan hara bagi tanaman, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik (Sopha dan Uhan, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Adwiyani dkk. (2022) menunjukkan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba yang diaplikasikan ke lima varietas padi dapat meningkatkan unsur hara N, P, dan K di dalam tanah. Penelitian lain yang dilakukan Matheus dan Djaelani (2021) menunjukan hasil mikroba *indigenous* yang mengandung *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, dan *Bacillus* mampu mendegradasi bahan organik menjadi unsur hara N, P, dan K yang tersedia bagi tanaman. Hasil penelitian Rodrigues dkk. (2018) menyatakan pemanfaatan mikroba *Azotobacter*

spp. dapat meningkatkan efektivitas fiksasi nitrogen dan mengurangi dampak buruk dari penggunaan pupuk kimia. Fukami dkk. (2018) melakukan percobaan bawasanya mikroba *Azospirillum* sp. memiliki kemampuan dalam fiksasi N dan membantu hara mudah tersedia bagi tanaman. *Bacillus* dan *Pseudomonas* dapat melarutkan fosfat dan melindungi tanaman dengan menghasilkan senyawa siderofor dan menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan tanaman seperti *indole acetic acid* dan asam absisat (Santiago dkk., 2019).

Peningkatan hara atau bahan organik di dalam tanah juga dapat dilakukan dengan penambahan *biochar*. Penelitian yang dilakukan Kaya (2013) menunjukkan pemberian kompos jerami berbeda nyata dalam meningkatkan N-tanah. Penambahan bahan organik ini diantaranya yaitu bahan organik diperkaya mikroba dan *biochar*. Sohi dkk. (2009) menyatakan bahwa *biochar* dapat menyediakan habitat yang disukai mikroba. *Biochar* dapat menjaga keseimbangan karbon (C) dan Nitrogen (N) dalam tanah untuk jangka waktu yang panjang.

Upaya-upaya yang dilakukan ditujukan untuk meningkatkan hara N, P, dan K di dalam tanah akan meningkatkan pertumbuhan tanaman nanas. Unsur N, P, dan K memiliki peran yang penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hara K memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan daun dan meningkatkan tinggi tanaman nanas. Kalium juga diperlukan untuk proses akumulasi dan pemindahan karbonat yang baru terbentuk pada tanaman akibat fotosintesis. Hasil penelitian yang dilakukan Ramadhani dan Nuraini (2018) menunjukkan bahwa peningkatan unsur N, P, K dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman nanas (panjang daun, lebar daun, berat segar tanaman, dan panjang akar). Adji dkk. (2024) menyatakan hara kalium yang baik memberikan pengaruh nyata terhadap bobot biomassa basah tanaman, termasuk bobot kering tajuk dan akar tanaman tomat. Peningkatan K-tersedia meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan bobot basah tanaman secara signifikan. Tumbuhan memerlukan unsur N, P dan K untuk merangsang sintesis serta pembelahan dinding sel secara antiklinal sehingga dapat mempercepat pertambahan jumlah daun dan cabang.



Gambar 1. Kerangka aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* pada berbagai sistem pengolahan lahan Unsur hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada tanah Ultisol di Lampung Tengah.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang dikemukakan, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengolahan lahan bajak dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali mampu meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas dibandingkan bajak dengan kedalaman 30 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 1 kali.

2. Pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* dapat meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah pada pertanaman nanas.
3. Terdapat interaksi antara olah lahan bajak dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali dan pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketersediaan Hara Makro dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Tanaman

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) merupakan salah satu komoditas hortikultura tropika yang sangat potensial dengan buahnya yang bernilai ekonomi tinggi. Nanas menjadi komoditas andalan ekspor Indonesia karena permintaan dalam negeri terhadap buah nanas yang cenderung terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk akan nilai gizi dan semakin bertambahnya permintaan bahan baku industri pengolahan buah-buahan. Produktivitas buah nanas dapat ditingkatkan melalui proses pemupukan untuk memperbaiki kualitas tanahnya. Nitrogen, Fosfor, dan Kalium merupakan salah satu kelompok unsur hara makro essensial yang ketersediaannya di dalam tanah sangat berperan penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Unsur hara yang diperlukan tanaman nanas setelah *forcing* diantaranya Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. *Forcing* adalah teknik untuk merangsang tanaman agar memasuki fase reproduksi atau pembungaan pada tanaman nanas lebih cepat melalui produksi etilen yang merupakan hormon yang berperan dalam berbagai proses fisiologis, termasuk pematangan buah, pembungaan, dan respons terhadap stres. Dengan demikian, penambahan unsur hara N, P, dan K yang memadai melalui pemupukan dapat merangsang produksi etilen oleh adanya keseimbangan hara (Azizah dkk., 2023).

Unsur hara Nitrogen sangat berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama dalam pembentukan daun dan batang. Sintesis klorofil yang membantu proses fotosintesis sangat ditentukan oleh pasokan hara Nitrogen. Pemberian unsur hara Nitrogen mempengaruhi pertumbuhan tanaman, tidak hanya jumlah produksi biomassa tetapi juga ukuran dan proporsi dari organ-organ dan

strukturnya. Aplikasi pupuk N dapat meningkatkan kadar nitrat buah pada nanas (Azizah dkk., 2023). Nitrogen sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman nanas seperti pembentukan daun, akar, batang, dan anakan. Nitrogen pada tanaman nanas berperan dalam pembentukan klorofil untuk fotosintesis daun, asam amino protein dan non protein, serta senyawa metabolit lain, serta sebagai komponen utama dinding sel yang diperlukan untuk kekuatan dan pertahanan. Dengan demikian, rendahnya kandungan unsur hara Nitrogen pada tanah, akan menurunkan kandungan dan aktivitas klorofil sehingga laju fotosintesis turut menurun. Produksi sukrosa untuk metabolisme pada jaringan parenkim batang tanaman nanas akan terganggu dengan rendahnya laju fotosintesis. Dengan demikian, kekurangan N dapat menyebabkan pembentukan anakan terbatas dan perkembangan batang terganggu sehingga menyebabkan penurunan produktivitas tanaman nanas (Mastur dkk., 2015). Tanaman nanas yang kekurangan Nitrogen akan menyebabkan daun nanas berwarna kuning atau pucat dan mengering, pertumbuhan terhambat dan hasil buah yang rendah. Kelebihan Nitrogen dapat menyebabkan tanaman mudah terserang penyakit, pertumbuhan daun yang berlebih namun buahnya kecil atau kualitasnya menurun, menunda pembungaan termasuk menghambat pematangan pada buah (Styarini dkk., 2019).

Selain Nitrogen, Fosfor juga merupakan salah satu unsur hara makro essensial bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman nanas. Fosfor berperan penting dalam proses fotosintesis, asimilasi dan respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses di dalam tanaman lainnya dan membantu mempercepat perkembangan akar dan perkecambahan. Sama seperti Nitrogen, Fosfor juga dapat merangsang pertumbuhan akar tanaman nanas, yang selanjutnya berpengaruh pada pertumbuhan bagian di atas tanah (Lisdiyanti dkk., 2018). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, ketersediaan Fosfor (P) di dalam tanah umumnya sangat rendah akibat penyerapan oleh mineral liat, Al dan Fe, maupun oleh alofan pada tanah Andosol. Setiap jenis tanah memiliki respon yang berbeda terhadap ketersediaan P. Tanah Andosol menyerap P sangat kuat, sedangkan tanah Latosol lebih lemah mengikat P dan melepaskan P lebih cepat (Sari dkk., 2017). Dari beberapa permasalahan Fosfor tersebut, maka diperlukan adanya pasokan hara P melalui pemupukan dengan dosis yang

memadai dalam upaya mendukung pertumbuhan tanaman nanas. Kekurangan Fosfor pada tanaman nanas akan menghambat perkembangan akar, memperlambat pertumbuhan tanaman, dan mengurangi kualitas serta jumlah buah. Fosfor penting untuk mendorong kematangan buah nanas dan meningkatkan kandungan gula pada buah. Kekurangan Fosfor juga dapat menyebabkan daun tanaman nanas tampak hijau lebih gelap atau bahkan kebiru-biruan. Terpenuhinya tanaman oleh hara Fosfor dapat menghindari radikal melalui antosianin yang dihasilkan sehingga dapat menyerap radiasi *Ultaviolet* yang berbahaya dan bertindah sebagai pengikat radikal bebas (Qur'ania dkk., 2023).

Unsur hara makro essensial lainnya adalah Kalium. Kalium merupakan unsur penting untuk pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi tanaman (Qur'ania dkk., 2023). Penambahan pupuk K sebagai unsur hara Kalium juga sangat menunjang pertumbuhan tanaman daun dan pertambahan tinggi tanaman nanas. Hara Kalium merupakan aktifator dari banyak enzim – enzim untuk berlangsungnya respirasi dan fotosintesis pada tanaman nanas (Azizah dkk., 2023). Dalam Penelitian Poerwanto (2011), kadar hara K berpengaruh linier dan sangat nyata terhadap komponen produksi tanaman nanas seperti, bobot buah, panjang buah, dan produksi buah. Selain itu, fungsi utama hara Kalium diantaranya, membantu perkembangan akar, membantu proses pembentukan protein, menambah daya tahan tanaman terhadap penyakit dan merangsang pertumbuhan biji. Selain Fosfor, Kalium juga memiliki permasalahan dalam ketersediaannya. Ketersediaan Kalium di dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman hanya sedikit. Rendahnya ketersediaan Kalium di dalam tanah dapat disebabkan oleh karena penyerapan oleh tanaman, pencucian oleh air, dan adanya erosi tanah. Kekurangan Kalium dapat menyebabkan buah nanas menjadi kecil, rasanya kurang manis, serta tanaman lebih rentan terhadap stres lingkungan. Defisiensi hara Kalium umumnya terjadi di daun tua, seperti timbulnya bercak transparan pada daun dan daun tanaman nanas menjadi kering. Selain itu, pertumbuhan tanaman nanas tidak berkembang dengan baik sehingga menyebabkan penurunan produksi (Ainun dkk., 2021). Dengan demikian, ketersediaan K dalam tanah dapat dipenuhi dengan pemberian pupuk seperti

pupuk tunggal K maupun pupuk majemuk NPK untuk meningkatkan produktivitas tanahnya (Mu'min dkk., 2016).

2.2 *Biochar* Bambu

Biochar adalah sebuah bahan padat hasil pembakaran limbah pertanian atau sampah organik secara *pyrolysis* (pasokan oksigen terbatas pada suhu di bawah 700°C) yang kaya akan karbon (Tambunan dkk., 2014). Dengan kata lain, *biochar* merupakan produk yang kaya akan karbon yang diperoleh dari hasil pembakaran biomassa dengan kondisi sedikit atau tanpa udara pada temperatur < 700°C dalam kondisi oksigen terbatas sehingga menghasilkan bahan organik dengan konsentrasi karbon 70-80%. Biomassa atau bahan baku pembuatan *biochar* dapat berupa kulit-kulit kayu, tempurung kelapa kulit buah kacang-kacangan atau sekam padi, potongan kayu, tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit, bambu, serta bahan organik yang berasal dari sampah maupun limbah dan kotoran hewan. *Biochar* dibuat dengan tujuan sebagai sarana memperbaiki produktivitas tanah, penyimpanan carbon (C), atau filtrasi peresapan air tanah. Selain dari manfaatnya untuk tanah, *biochar* juga menjadi upaya pengelolaan limbah dan mitigasi perubahan iklim (Herlambang dkk., 2020).

Biochar sebagai sumber bahan organik dengan sifat stabil yang dapat menjadi pemberah tanah (Hidayat, 2015). *Biochar* bersifat alkalin karena merupakan bahan basa yang dapat meningkatkan pH tanah (Khan dkk., 2018). *Biochar* mampu menurunkan kemasaman tanah, sehingga turut memperbaiki beberapa sifat tanah seperti pH dan KTK tanah. Tingginya pH dan KTK tanah akan berdampak baik pada kualitas tanah, salah satunya adalah pengelolaan toksisitas logam berat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Salam (2017), bahwa penyerapan logam berat sangat bergantung pada pH tanah yang kapasitas jerapannya akan turut meningkat seiring dengan peningkatan pH. Di sisi lain, semakin kecil ukuran partikel yang dimiliki *biochar*, semakin banyak ruang pori dan luas permukaan adsorbennya sehingga semakin meningkat kemampuannya dalam menjerap logam berat (Xie dkk., 2015).

Dari segi unsur hara, pengaplikasian *biochar* pada tanah tidak dapat menggantikan peranan pupuk dalam menambah kandungan unsur hara seperti N, P, K atau unsur hara lainnya yang diperlukan dalam meningkatkan hasil tanaman. Namun, melalui perbaikan sifat-sifat tanah seperti peningkatan pH, KTK, dan C-organik, pengaplikasian *biochar* akan meminimalisir kehilangan unsur hara dari pupuk akibat penguapan atau pencucian sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan dengan mengikat unsur hara yang disumbangkan oleh pupuk. Dengan demikian, ketersediaan unsurhara untuk tanaman menjadi meningkat. Dengan kata lain, melalui permukaan *biochar* yang luas dan berpori, *biochar* mampu meningkatkan retensi hara. *Biochar* juga memiliki kemampuan dalam menampung air, sehingga memperbaiki sifat fisik tanah seperti porositas, permeabilitas, dan infiltrasi tanah serta meminimalisir terjadinya run-off serta hilangnya unsur hara. Selain memiliki sifat afinitas yang tinggi terhadap hara, *biochar* juga persisten atau stabil di dalam tanah (tahan terhadap dekomposisi), sehingga manfaatnya dapat berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang. Selanjutnya, manfaat *biochar* yang lain, yaitu diantaranya menstimulasi simbiosis fiksasi Nitrogen pada legum, meningkatkan fungi mikoriza arbuscular, meningkatkan struktur tanah, meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan daya ikat air, meningkatkan biomassa dan respirasi mikroba tanah, mengurangi keracunan aluminium, dan menurunkan gas CH₄ dan N₂O yang terlepas ke udara (Herlambang dkk., 2020).

Bambu merupakan salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biochar*. Pada penelitian Gusmailina dan Sumadiwangsa (1988) yang menguji kandungan kimia pada 10 jenis bambu, diperoleh bahwa bambu memiliki kadar selulosa yang berkisar antara 42,4% - 53,6% (tinggi); kadar lignin berkisar 19,8 – 26,6% (sedang); kadar pentosan berkisar 17,5% - 21,5% (rendah); kadar abu 1,24% - 3,77% (sedang); silika 0,10% - 1,78%. Kandungan abu yang rendah disertai kandungan lignin yang cukup memadai pada *biochar* bambu akan membuat pori-pori dari karbon aktif tersebut sukar tertutup sehingga *biochar* akan memiliki luas permukaan yang tinggi dan turut meningkatkan kapasitas adsorpsi tanah terhadap logam berat (Maulina dan Iriansyah, 2018). Lignin dan selulosa yang dikandung dalam bambu sebagai bahan baku *biochar* berperan penting dalam meningkatkan pH tanah dan menurunkan kelarutan logam berat tanah. Hal

tersebut karena ketika pada proses pembakaran bambu menjadi *biochar* secara pirolisis, kandungan selulosa dan lignin dalam bambu akan membentuk *char* atau arang dan akan terjadi peningkatan kadar *fixed carbon* pada *biochar* akibat kadar volatil yang terlepas pada suhu tinggi. Semakin tinggi kandungan *fixed carbon*, semakin baik arang aktif atau *biochar* tersebut digunakan sebagai adsorben (Subarkhak dan Titah, 2023)

2.3 *Liquid Organic Biofertilizer*(LOB)

Liquid Organic Biofertilizer (LOB) merupakan pupuk hayati yang berbentuk cair yang dapat dijadikan solusi alternatif untuk perbaikan lahan pertanian dengan memulihkan sifat fisik, kimia,dan biologi tanah agar lebih produktif kembali. LOB pada penelitian ini mengandung berbagai jenis mikroba seperti Mikroba yang digunakan yaitu bakteri fiksasi Nitrogen non simbiotik *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp., bakteri fiksasi Nitrogen simbiotik *Rhizobium* sp., bakteri pelarut Fosfat *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp. (Suwahyono, 2011). Pembuatan LOB dibuat dengan proses yang cukup panjang melalui proses bioreaktor (Sutanto, 2011).

LOB mengandung mikroba yang terdiri dari *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. yang meningkatkan dan memacu pertumbuhan tanaman karena berfungsi menambat Nitrogen. Bakteri *Azospirillum* sp. adalah salah satu mikroba yang dapat memfiksasi N dari udara yang bersifat mikroaerobik dan mampu berasosiasi dengan tanaman tingkat tinggi. Dalam proses fiksasi N atmosfer, bakteri *Azospirillum* sp. menambat N bebas dan mengubahnya menjadi sebuah jaringan yang kemudian melalui proses pelapukan, amonifikasi dan nitrifikasi akan memberikan sebagian Nitrogen udara sebagai Nitrogen yang tersedia bagi tanaman tingkat tinggi. Nitrogen di udara hadir dalam bentuk N₂ dan bentuk yang tidak dapat digunakan tanaman dan juga kebanyakan mikroba tanah. Bakteri *Rhizobium* sp. dapat mengabsorb gas N₂ dan mengubah bentuknya menjadi amonia, bentuk yang dapat digunakan mikroba itu sendiri dan tanaman. Proses ini disebut fiksasi Nitrogen, dan merupakan hubungan simbiotik mutualisme antara bakteri dan tanaman (Utomo dkk., 2016).

Bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. memiliki peran terhadap tanaman hingga 50%. Peningkatan ketersediaan unsur P ini disebabkan karena mikroba pelarut Fosfat mampu mengeluarkan asam-asam organik seperti asam sitrat, glutamate, suksinat dan glioksalat yang dapat memecah ikatan logam Fe, Al, Ca, dan Mg sehingga Fosfor yang terikat menjadi larut dan tersedia. Mahdi dkk. (2010) menyatakan bahwa *Bacillus* sp. menghasilkan enzim Fosfatase yang berperan penting sebagai pelarut P dari senyawa P terikat. Ngui (2019) menambahkan bahwa penggunaan bakteri *Bacillus* sp. dapat memaksimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi seperti tinggi tanaman, jumlah anakan total, jumlah gabah beserta bobot 1000 butir. Bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. juga dapat melarutkan Kalium di tanah sebagai mineral silikat pelarut Kalium. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Balasubramanian dkk. (2017) pada pertumbuhan tanaman oleh bakteri pelarut Kalium dari tanah perkebunan Teh India Selatan, bahwa *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. terdapat pada tanah perkebunan teh.

Trichoderma dapat mendekomposisi bahan organik yang ada disekitar perakaran tanaman, sehingga dapat menambah ketersediaan hara yang dapat diserap tanaman. *Trichoderma* untuk tumbuh dan memperbanyak diri dalam tanah membutuhkan energi dengan melakukan dekomposisi bahan organik tanah menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah (N, P, K, dan lain-lain) dan atmosfer (CH_4 atau CO_2) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman, sehingga siklus hara berjalan sebagai-mana mestinya. Bersamaan dengan ini *Trichoderma* berperan sebagai dekomposer bahan organik, sehingga berpotensi sebagai pupuk hayati. Semakin banyak populasi *Trichoderma* dalam tanah akan dapat membantu metabolisme dalam tanah sehingga tanah lebih mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Hal ini sejalan dengan pendapat Siddiquee dkk. (2017) yang menganalisis kandungan hara unsur makro dalam kompos tandan kosong kelapa sawit yang diinokulasi dengan *Trichoderma* memiliki komposisi kandungan hara N, P, dan K lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

Mikroba yang berada pada daerah perakaran dapat berperan dalam siklus energi, unsur hara, pembentukan agregat, dan menentukan kesehatan tanah. Dengan adanya mikroba tersebut diharapkan dapat memberikan pengaruh agar unsur hara tetap berada didalam tanah atau tanaman dalam jumlah yang dibutuhkan oleh tanah atau tanaman. Pada penelitian Sukma (2020) taraf yang digunakan adalah 0, 5, dan 10 ml/l meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penelitian lebih lanjut menggunakan dosis LOB (*Liquid Organic Biofertilizer*) lebih dari 10 ml/l. Aplikasi pupuk hayati dengan konsentrasi 20 ml/l memberikan hasil pengaruh peningkatan biomassa basah 31,43% dan biomassa kering 30,24% dibandingkan dengan kontrol negatif dan dosis lain.

2.4 Kompos Kotoran Sapi

Kompos didefinisikan bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme (bakteri pembusuk). Bahan utama dalam pembuatan kompos GGP ini berupa kotoran sapi dan *biochar* bambu. Kompos merupakan pupuk organik yang berasal dari proses pengomposan dibantu oleh mikroorganisme tanah. Karbon merupakan penyusun utama dari bahan organik. Semakin banyak pupuk organik yang ditambahkan ke dalam tanah, semakin banyak pula C-organik yang dilepaskan ke dalam tanah. Selain itu, kandungan utama yang dimiliki kompos adalah bahan organik yang memiliki pengaruh baik dalam memperbaiki kondisi tanah. Unsur lain dalam kompos cukup banyak, akan tetapi ketersediaan unsur tersebut dalam tanah cukup rendah seperti Nitrogen, Fosfor, Kalium, kalsium, dan magnesium (Lingga dan Marsono, 2013).

Kompos kotoran sapi merupakan penyedia unsur hara yang secara bertahap dilepaskan dan tersedia bagi tanaman. Tanah yang dipupuk dengan kompos kotoran sapi dalam jangka waktu yang lama dapat memberikan hasil panen yang baik (Ghofari dkk, 2014). Kotoran sapi memiliki kandungan serat yang tinggi. Serat atau selulosa merupakan senyawa rantai karbon yang akan mengalami proses dekomposisi lebih lanjut. Penguraian senyawa ini membutuhkan unsur N yang terkandung dalam kotoran sapi. Selain itu menurut Windyasmara (2012),

kotoran sapi mengandung 18,6% hemiselulosa, 25,2% selulosa, 20,2% lignin, 1,67% Nitrogen, 1,11% Kalium, dan 0,56% Fosfat. Sebenarnya kotoran sapi tidak digunakan dalam bentuk segar, akan tetapi kotoran sapi tersebut terlebih dahulu harus dimatangkan atau dikomposkan. Aplikasi kompos dapat meningkatkan pH tanah dan mampu meningkatkan kandungan unsur hara tersedia dalam tanah serta mengikat Al di tanah masam. Kompos di dalam tanah akan terdekomposisi dan menghasilkan asam organik yang dapat mengikat Al. Bahan organik yang terkandung dalam kompos mengandung karbon yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba sehingga aktivitas mikroba akan meningkat dan berdampak positif pada mineralisasi unsur hara, kemudian ketersediaan unsur hara bagi tanaman akan meningkat diikuti dengan meningkatnya pertumbuhan tanaman (Triadiati, 2013). Menurut Prihandini dan Teguh (2009) penggunaan pupuk organik seperti pupuk kompos kotoran sapi mempunyai kandungan N, P, dan K yang tinggi sehingga dapat menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanah dan memperbaiki struktur tanah. Hal ini sejalan dengan pendapat Wawo (2018), pemberian kompos kandang dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan berat volume tanah, dan total ruang pori tanah serta meningkatkan ketersediaan hara N-total tanah, P-tersedia tanah, K-tersedia tanah, C-organik, pH, dan mampu meningkatkan pertumbuhan mikroba. Pupuk kotoran sapi juga mengandung 0,40% N, 0,20% P₂O₅ dan 0,10% K₂O. Kotoran sapi dapat meningkatkan porositas tanah, meningkatkan aktivitas organisme untuk meregenerasi bahan organik lebih cepat di dalam tanah.

Manfaat kompos organik seperti kompos kotoran sapi diantaranya adalah memperbaiki struktur tanah berlempung sehingga menjadi ringan, meningkatkan daya ikat tanah berpasir sehingga tanah tidak berderai, meningkatkan daya ikat tanah terhadap air dan unsur-unsur hara tanah, memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah, mengandung unsur hara yang lengkap, walaupun jumlahnya sedikit (jumlah hara ini tergantung dari bahan pembuat pupuk organik), membantu proses pelapukan bahan mineral, memberi ketersediaan bahan makanan bagi mikroba, serta menurunkan aktivitas mikroba yang merugikan (Prihandini dan Teguh, 2009). Pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan air yang nantinya berfungsi untuk mineralisasi bahan organik menjadi

hara yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman selama masa pertumbuhannya (Sudartiningsih dan Prasetya, 2010). Pemberian pupuk kandang sapi selain dapat menambah ketersediaan unsur hara, juga dapat mendukung mikroba serta mampu memperbaiki struktur tanah. Berdasarkan hasil penelitian Asroh (2009) menyatakan bahwa pemberian pupuk kandang sapi 300g/tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung manis. Penambahan pupuk kandang sapi memberikan keuntungan bagi pertumbuhan tanaman.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penyiapan lahan, pengolahan tanah, aplikasi pengomposan, dan penanaman bibit nanas dilaksanakan pada bulan September–November 2023. Pengambilan sampel pengamatan dan analisis tanah dan tanaman pada penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2024 sampai bulan April 2025 yang dilakukan di PT Great Giant Pineapple (GGP) pada lokasi 32C. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium *Research and Development* PT Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah dan Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, bor tanah, ember, oven, timbangan, pisau, ring sampel, mistar, spidol, label, gunting, plastik, neraca analitik, block digester + scrubber, tabung digestion, erlenmeyer 250 ml, digital buret, pipet ukur/volume 8, dispenser, labu 100 - 1000 ml, beaker glass, vortex shaker, kertas papir/kertas saring non mineral (ashless), neraca analitik, tabung reaksi, botol plastik pp (cap. 30 ml), labu ukur 25 dan 1000 ml, beaker glass 1000 ml, dispenser 25 ml, pipet volume 1-10 ml, kertas saring whatman no. 2, mesin pengocok/shaker/vortex, stirrer, spektrofotometer, neraca analitik, bekas roll film/botol pp, labu ukur 100-1000 ml, pipet volumetrik 1-10 ml, dispenser 25 ml, kertas saring whatman no. 41, mesin pengocok/shaker, dan AAS/ICP. Sedangkan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam sulfat 96-97 %, parafin cair, devarda alloys, selenium mixture (digest catalyst), sodium hidroksida 40 %, indikator campuran, asam borat 2 % + indikator, asam sulfat 0.01 N, larutan

pengekstrak (*Bray 1*) (ammonium flouride 1 M, hydrochloric acid 0.5 M), larutan pengekstrak olsen (larutan NaHCO₃: 0.5 M), larutan pewarnaan (pereaksi P pekat, peraksi pewarna P), deret standar phosphor (larutan standar phosphor 1000 ppm, larutan standar phosphor 50 ppm, deret larutan standar phosphor 0 - 5 ppm), larutan Ekstraksi Ammonium Asetat 1 N pH = 7, larutan lanthanum Klorida 5 %, larutan CsCl 0.3 %, seri larutan standard Kalium (K) 1. 2, 3. dan 4 ppm.

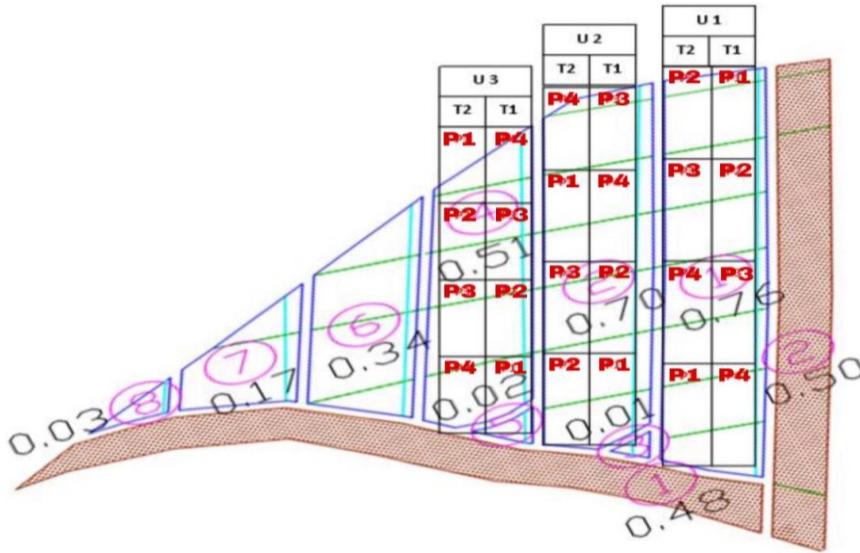
3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (split plot) yang terdiri dari 8 perlakuan dengan 3 ulangan sehingga didapatkan 24 satuan petak percobaan.

Tabel 1. Perlakuan percobaan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* pada berbagai sistem pengolahan lahan Unsur hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada tanah Ultisol di Lampung Tengah

No.	Perlakuan	Keterangan
1.	Petak Utama	
	T ₁	Bajak tanah kedalaman 30 cm + cacah serasah nanas 1 kali
	T ₂	Bajak tanah kedalaman 40 cm + cacah serasah nanas 2 kali
2.	Anak Petak	
	P ₁	Kompos GGP 50 ton ha ⁻¹
	P ₂	Kompos GGP 40 ton ha ⁻¹ + <i>biochar</i> 10 ton ha ⁻¹
	P ₃	Kompos premium GGP 50 ton ha ⁻¹
	P ₄	Kompos premium GGP 50 ton ha ⁻¹ + mikroba LOB 40 L ha ⁻¹

Kompos yang digunakan adalah campuran dari kompos kotoran sapi. *Biochar* yang digunakan adalah cacahan bambu. Vermikompos yang digunakan merupakan limbah jambu biji vermicompos. Denah tata letak percobaan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Tata letak percobaan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* pada berbagai sistem pengolahan lahan Unsur hara N-total, P- tersedia, dan K-tersedia pada tanah Ultisol di Lampung Tengah

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penyiapan Lahan

Tahapan pengolahan lahan yang dilakukan pada T_1 yaitu pembongkaran tanaman dan tanah yang dilanjutkan dengan pencacahan serasah tanaman nanas satu kali. Setelah itu dilakukan penghancuran bongkahan hasil bajak dalam dengan kedalaman 30 cm, kemudian pencacahan tanah hasil bajak. Olah lahan yang terakhir adalah membuat guludan yang digunakan sebagai media tanam.

Tahapan pengolahan lahan yang dilakukan pada T_2 adalah pembongkaran tanaman dan tanah yang dilanjutkan dengan pencacahan serasah tanaman nanas dua kali. Setelah itu dilakukan penghancuran bongkahan hasil bajak dalam dengan kedalaman 40 cm, kemudian kemudian penncacahan tanah hasil bajak. Olah lahan yang terakhir adalah membuat guludan yang digunakan sebagai media tanam.

3.4.2 Pengaplikasian Pupuk

Pupuk yang digunakan pada awal penelitian ini yaitu pupuk Standar Budidaya Tanam. Pupuk tersebut diaplikasikan dilakukan dengan cara memberikan pupuk

dasar pada alur yang dibuat. Aplikasi perlakuan dilakukan dengan cara manual dengan metode palir. Waktu pengaplikasian pupuk dilakukan pada 7 hari sebelum tanam. Pengaplikasian pupuk dilakukan berdasarkan perlakuan yang sudah ditetapkan.

3.4.3 Penanaman

Penanaman dilakukan pada satuan petak percobaan dengan menggunakan bibit *sucker* (bibit nanas yang tumbuh di batang atau tangkai buah) ukuran besar. Penanaman bibit nanas dilakukan dalam keadaan tegak agar dapat tumbuh dengan baik.

3.4.4 Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan dilakukan dengan cara penyiraman, penyulaman, pemupukan, pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit. Dilakukan pula penyemprotan pupuk *foliar spray* (pemupukan yang diaplikasikan langsung pada daun tanaman dengan cara disemprotkan) hingga sampai tahap *forcing* (kegiatan penyemprotan gas etilen pada tanaman nanas untuk menyeragamkan pembuangan tanaman nanas) dengan mengikuti standar budidaya tanaman (SBT) PT GGP.

3.4.5 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan di PT Great Giant Pineapple Lampung Tengah dengan pengambilan sampel tanah pada petak percobaan. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada pengambilan sampel awal sebelum tanam, 3 BST, 6 BST, 9 BST yaitu pada bulan Januari-Oktober 2024. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan sekop dengan kedalaman 0-20 cm.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini terdiri atas variabel utama dan variabel pendukung.

Tabel 2. Variabel Pengamatan Penelitian

No.	Variabel	Metode	Pengambilan Sampel
1.	Variabel utama		
	N-total	<i>Kjeldahl</i>	Sebelum perlakuan,
	P-tersedia	<i>Bray dan Kurt I</i>	3, 6, dan 9 BST
	K-tersedia	<i>Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)</i>	
2.	Variabel pendukung		Sebelum perlakuan
	C-organik	<i>Walkley and Black</i>	3, 6, dan 9 BST
	pH tanah	pH meter	3, 6, dan 9 BST
	Berat Basah	Kuantitatif	3, 6, dan 9 BST
	Brangkasan		
	Tanaman		

Keterangan: Bulan Setelah Tanam (BST)

3.5.1 Variabel Utama

1. Nitrogen Total Tanah

Pentetapan kandungan N-total pada sampel tanah dilakukan dengan metode *Kjeldahl*. Metode *Kjeldahl* adalah cara untuk mengukur jumlah Nitrogen total dalam sampel. Metode ini melalui tiga langkah tama: destruksi, destilasi, dan titasi. Tahap awal ditimbang 0,5 g contoh tanah ukuran < 0,5 mm, dimasukkan ke dalam tabung digest. Ditambahkan 1 g campuran selen dan 5 ml asam sulfat pekat, diDestruksi dari suhu 300°C hingga suhu 375°C selama 3 jam. Tabung diangkat, didinginkan dan kemudian ekstrak diencerkan dengan aquades hingga 20 ml. Pindahkan seluruh ekstrak sampel ke dalam labu didih. Lalu disiapkan penampung untuk NH₃ yang dibebaskan yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 2% dan dihubungkan dengan alat destilasi. Dengan gelas ukur, tambahkan NaOH 40% sebanyak 20-30 ml ke dalam labu didih yang berisi contoh dan secepatnya ditutup. Didestilasi selama 4 menit, kemudian destilat dititrasi dengan H₂SO₄ 0,01 N hingga warna merah muda. N- total dapat dihitung dengan hasil titrasi dengan rumus perhitungan:

$$\text{Kadar N-total (\%)} = \frac{(S-B) \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times 14,007 \times 100\% \times MF}{\text{berat sampel}}$$

Keterangan:

S = ml H₂SO₄ untuk titrasi sampel

B = ml H₂SO₄ untuk titrasi blanko

14,007 = BA Nitrogen

MF = *Moisture factor*

2. Fosfat Tersedia Tanah

Analisis P-tersedia menggunakan metode *Bray* dan *Kurt I* dengan ekstraktan asam asetat 0,03 M untuk mengekstrak Fosfat yang dapat diakses oleh tanaman. Prinsip analisis ini berdasarkan pada interaksi antara ekstraktan dan Fosfat dalam tanah, yang menghasilkan warna biru yang terkait dengan konsentrasi Fosfat. Ditimbang 2,5 g contoh tanah < 2 mm, ditambah pengekstrak Bray dan Kurt I sebanyak 25 ml, kemudian dikocok selama 5 menit. Disaring dan bila larutan keruh dikembalikan ke atas saringan semula (proses penyaringan maksimum 5 menit). Dipipet 2 ml ekstrak jenih ke dalam tabung reaksi. Contoh dan deret standar masing-masing ditambah pereaksi pewarna Fosfat sebanyak 10 ml, dikocok dan dibiarkan 30 menit. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm.

3. Kalium Tersedia Tanah

Analisis K-tersedia menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Analisis K-tersedia dalam tanah menggunakan sampel tanah yang sudah kering udara ukuran 2 mm diekstraksi dengan larutan ammonium asetat 1 M pH 7, lalu kocok selama 30 menit dan setelah itu sentrifugasi untuk memisahkan larutan ekstrak dari partikel tanah. Kemudian larutan ekstrak yang mengandung Kalium diinjeksikan ke dalam alat AAS. AAS mengukur intensitas cahaya yang diserap oleh ion Kalium pada panjang gelombang tertentu. Data yang diperoleh dari AAS dibandingkan dengan kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi Kalium yang tersedia dalam ampel tanah. Hasilnya dilaporkan dalam satuan mg K/kg tanah.

3.5.2 Variabel Pendukung

1. C-organik Tanah

Penetapan C-organik yaitu dengan metode *Walkley and Black*. Kadar C-organik tanah dapat diketahui dengan menganalisis C-organik dilakukan berdasarkan bahan organik yang mudah teroksidasi (*Walkley and Black*, 1934 dalam Balai Penelitian Tanah, 2009) dengan memberikan K_2Cr_7 1 N dan H_2SO_4 pekat lalu diencerkan dengan aquades ditambahkan asam Fosfat pekat, NaF 4%, dan indikator difenil amin, kemudian dititrasi dengan ammonium sulfat 0,5 N %. C-organik dapat diketahui dengan rumus perhitungan :

$$\% \text{ C-organik} = \frac{\text{ml } K_2Cr_7 \times \left(\frac{1}{V_b} \right)}{\text{berat sampel tanah}} \times 0,3886\%$$

Keterangan:

V_b = ml titrasi blanko

V_s = ml titrasi sampel

2. pH Tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan dengan menggunakan alat pH meter.

Perbandingan tanah dan aquades yang digunakan dalam pengukuran pH adalah 1:2,5. Tanah yang digunakan dalam pengukuran pH yaitu tanah kering udara yang lolos ayakan 2 mm (Balai Penelitian Tanah, 2009).

3. Berat Basah Brangkasan Tanaman

Berat Basah Brangkasan Tanaman yang dilakukan pada saat tanaman berumur 3 BST, 6 BST, dan 9 BST. Berat Basah Brangkasan Tanaman dilakukan dengan ditimbang bagian atas tanaman (akar, batang, dan daun) saat panen dengan menggunakan timbangan.

3.6 Analisis Data

Data yang diporoleh akan diuji homogenitas ragamnya dengan Uji *Barlett* dan Aditivitas data diuji dengan uji *Tukey*. Jika asumsi terpenuhi maka data akan diolah dengan Analisis Ragam dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range*

Test (DMRT) pada taraf nyata 5%. Uji DMRT menggunakan aplikasi *smartstat*. Untuk mengetahui hubungan antara C-organik, pH tanah, dan kadar air tanah dengan variabel utama akan dilakukan uji korelasi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Simpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Pengolahan lahan bajak dengan kedalaman 40 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali tidak berpengaruh nyata dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah pada pertanaman nanas. Pengolahan lahan dengan bajak kedalaman 30 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 1 kali berpengaruh nyata dalam meningkatkan hara N-total tanah pada 9 BST, namun belum dapat meningkatkan N-total tanah pada 3 BST dan 6 BST.
2. Pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar (kompos premium GGP 50 ton ha^{-1} + mikroba LOB) tidak berpengaruh nyata dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia tanah pada pertanaman nanas. Pengaplikasian kompos GGP 50 ton ha^{-1} berpengaruh nyata dalam meningkatkan hara N-total pada umur 9 BST dan pengaplikasian kompos GGP 40 ton ha^{-1} + *biochar* 10 ton ha^{-1} berpengaruh nyata dalam meningkatkan hara K-tersedia tanah pada umur 3 BST.
3. Tidak terdapat interaksi antara olah lahan bajak kedalaman 40 cm dengan dan pencacahan serasah tanaman nanas 2 kali dan pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar dalam meningkatkan hara N-total, P-tersedia, dan K-tersedia pada pertanaman nanas. Terdapat interaksi antara Pengolahan lahan dengan bajak kedalaman 30 cm dan kompos GGP 50 ton ha^{-1} dalam meningkatkan hara N-total tanah pada umur 9 BST.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pengolahan lahan yang dapat diterapkan untuk kegiatan budidaya selanjutnya yaitu sistem pengolahan lahan dengan bajak kedalaman 30 cm dan pencacahan serasah tanaman nanas 1 kali. Jika dilakukan penelitian serupa mengenai dosis aplikasi pupuk campuran, maka penulis menyarankan agar pengamatan dilakukan pada saat awal tanam saat komposisi pupuk campuran masih tersedia sehingga dapat diamati pengaruhnya terhadap seluruh variabel penelitian secara lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, M., Sumiar, H., dan Rizal, A. 2017. Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Bregadium terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.). *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian* 1(2): 160-174.
- Adji, I. S., Susila, A. D., dan Purnamawati, H. 2024. Pengaruh Kandungan P dan K Tanah terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum*) pada Tanah Andisol. *Jurnal Agrohorti* 12(3): 327-335.
- Adwiyani, P. S., Melati, M., dan Sunarti, T. C. 2022. Respon Morfologi dan Fisiologi Lima Varietas Padi pada Pemberian Pupuk Organik Diperkaya Mikroba. *Jurnal Agron Indonesia* 50(1): 26-32.
- Afandi, F. N., Siswanto, B., dan Nuraini, Y. 2015. Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik terhadap Sifat Kimia Tanah pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ubi Jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(2): 237-244.
- Agegnehu, G. 2017. *Biochar, Compost And Biochar-Compost: Effects On Crop Perfomance, Soil Quality And Greenhouse Gas Emissions In Tropical Agricultural Soils*. James Cook University. Australia.
- Akbar, F. T., Utomo, M., dan Sarno. 2016. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Pemupukan Nitrogen Jangka Panjang terhadap Efisiensi Serapan Nitrogen Pada Tanaman Padi Gogo (*Oryza Sativa* L) Tahun ke-27 di Lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotektropika* 4 (1): 75-80.
- Alhadi, B., Yunus, Y., dan Idkham, M. 2012. Analisis Sifat Fisika Tanah Akibat Lintasan Traktir Roda Empat. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Lahan* 1: 43-53.
- Alwi, M. K., Razie, F., dan Kurnain, A. 2023. Hubungan Ketersediaan Fosfor dan Kelarutan Fe pada Tanah Sawah Sulfat Masam. *Jurnal Acta Solum* 1 (2): 61–67.

- Ainun, A., Walida, H., Dalimunthe, B. A., dan Rizal, K. 2021. Status Hara Serapan Kalium pada Tanaman Kelapa Sawit di Desa Perlabian Kecamatan Kampung Rakyat Kabupaten Labuhan Batu Selatan. *Jurnal Ziraa'ah* 46(2): 193–197.
- Aminah, S., Ardiansyah, F., dan Rachmawati, S. 2022. Pengaruh Vermikompos terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Cabai. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 9(2): 87–94.
- Aprianis, Y. 2011. Produksi dan Laju Dekomposisi Seresah *Acacia Crassicarpa* A. Cunn. Di PT. Arara Abadi. *Jurnal Tekno Hutan Tanaman* 4(1): 41-47.
- Arlina, S., Advinda, L., Chatri, M., dan Putri, D. H. 2024. Peran Bakteri Pelarut Fosfat dalam Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Serambi Biologi* 9(1): 158–163.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi Kedua, IPB Press. Bogor. 33 hlm.
- Asnur, P., Nurrachmania, M., dan Simarmata, M. M. T. 2023. Prediksi Kontribusi Unsur Hara Serasah Jabon (*Antocephallus cadamba*) ke Tanah Prediction of Litter Nutrient Contribution Jabon (*Antocephallus cadamba*) to Soil. *Jurnal Akar* 2(2): 64–70.
- Azahra, N. R., Mindari, W., dan Santoso, S. B. 2021. Mineralisasi Nitrogen Tanah pada Berbagai Pengelolaan Tanaman Kopi (*Coffea* L.) Di Kecamatan Tutur Pasuruan. *Jurnal Plumula* 9(1): 23–35.
- Azizah, N., Widystuti, R. A. D., Karyanto, A., dan Ginting, Y. C. 2023. Pengaruh Frekuensi Pemupukan Setelah *Forcing* terhadap Produktivitas Buah Tanaman Nanas (*Ananas Comosus* L. Merr). *Jurnal Agrotropika* 22(2): 100-107.
- Balasubramanian, B., Ponmurugan, P., dan Balamurugan, A. 2017. Potassium Solubilization, Plant Growth Promoting Substances by Potassium Solubilizing Bacteria (KSB) from Southern Indian Tea Plantation Soil. *Jurnal Biocatalysis dan Agricultural Biotechnology* 12: 116-124.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Produksi Tanaman Buah-Buahan, 2021-2022. BPAS-RI. <https://www.bps.go.id/id/>. Diakses pada 21 Januari 2025 pukul 15.30 WIB.
- Balompapung, Y. O., Warouw, V. C., dan Karamoy, L. T. 2021. Aplikasi Biochar dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor* L). *E-jurnal Universitas Samratulangi*. Manado.
- Bartholomew, D. P., Paul, R. E., dan Rochbach, K. G. 2003. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. Hawaii. 161 hlm.

- Batubara, R. P. dan Listyarini, E. 2017. Kajian Aplikasi Seresah Tebu dan Urea terhadap Ketersediaan Nitrogen dalam Tanah Pt. Perkebunan Nusantara X Jengkol-Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 4 (1): 411–419.
- Bhakti, R. S. G., Sarno, S., Afrianti, N. A., dan Utomo, M. 2017. Pengaruh Sistem Olah lahan dan Aplikasi Mulsa Bagas terhadap Asam Humat dan Fulvat Pertanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Ratoon ke 3 di PT Gunung Madu Plantations. *Jurnal Agrotek Tropika* 5(2): 119-124.
- Bhattacharyya, P. N. dan Jha, D. K. 2011. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Pgr): Emergence in Agriculture. *Jurnal World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27 (1): 929–944.
- Bihari, B., Kumari, R., dan Shambhavi, S. 2018. Release Pattern of Inorganic N, Phosphorus and Potassium as Influenced by Farmyard Manure and Pressmud Compost under Laboratory Incubation Study. *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(9): 2476–2483.
- Bilias, F., Kalderis, D., Richardson, C., Barbayannis, N., dan Gasparatos, D. 2023. Biochar Application as A Soil Potassium Management Strategy: A Review. *Jurnal Science of the Total Environment* 858 (1): 1–8.
- Burhan, B. 2016. Pengaruh Jenis Pupuk dan Konsentrasi Benzyladenin (BA) terhadap Pertumbuhan dan Pembungaan Anggrek *Dendrobium* hibrida. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 16(3): 194–204.
- Cahyono, P., Loekito, S., Wiharso, D., Afandi., Rahmat, A., Nishimura, N., dan Senge, M. 2020. Effects of Compost on Soil Properties and Yield of Pineapple (*Ananas Comosus* L. Merr) On Red Acid Soil, Lampung, Indonesia. *Journal of Geomate* 9(76): 33-39.
- Erfin, Sandiah, N., dan Malesi, L. 2016. Identifikasi Bakteri *Azospirillum* dan *Azotobacter* pada Rhizosfer Asal Komba-komba (*Chromolaena odorata*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Teknologi Peternakan Tropis* 3(2): 30-38.
- Evizal, R., Tohari, Prijambada, I. D., dan Widada, D. J. 2012. Peranan Serasah terhadap Sumbangan N dan P pada Agroekosistem Kopi. *Jurnal Agrotrop* 2(2): 177-183.
- Farni, Y., Mechram, S., dan Wulan, C. 2024. Pemanfaatan Biochar Sebagai Bahan Pemberah Tanah Untuk Memperbaiki Kesuburan Tanah Ultisol dan Pengaruhnya Terhadap Kedelai. *Jurnal Riset Kajian Teknologi Dan Lingkungan* 7(2): 251–260.
- Fitrada, W., Irawan, A., dan Gusnedi, A. 2022. Analisis Pengaruh Ukuran Partikel Sampah Organik terhadap Waktu Pengomposan dengan Metode Komposter Semi Anaerob. *Jurnal Engineering* 4(1): 25-31.

- Fukami, J., P. Cerezini, M., dan Hungria. 2018. Azospirillum: Benefits That go Far Beyond Biological Nitrogen Fixation. *Jurnal Microbiol Biotechnol* 8(73): 1-12.
- Ghfari, M. F. A., Tyasmoro, S. Y., dan Soelistyono, R. 2014. Pengaruh Kombinasi Kompos Kotoran Sapi Paitan (*Tithonia diversifolia* L.) terhadap Produksi Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Proteksi Tanaman* 2(1): 31-40.
- Gusnidar, N., Hakim, dan Prasetyo, T. B. 2010. Inkubasi Titonia pada Tanah Sawah terhadap Asam-Asam Organik. *Jurnal Solum* 7 (1): 7–18.
- Halasan, Anandauawati, Hasanudin, dan Riwandi. 2018. Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Hasil Jagung pada Inceptisol dengan Pemberian Kompos. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 20(2): 33-39.
- Hamzah, A. dan Siswanto, B. 2023. *Pupuk Organik*. Forind. Malang. 139 hlm.
- Handayanto, E. 2020. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. UB Press. Malang.
- Hardjowigeno, S. 2015. *Ilmu Tanah* (Edisi Revisi). Akademika Pressindo. Jakarta.
- Herlambang, S., Purwono, A. Z., Gomareuzzaman, M. dan Wibowo, A. W. A. 2020. *Biochar Salah Satu Alternatif untuk Perbaikan Lahan dan Lingkungan*. LPPM UPN Veteran. Yogyakarta. 111 hlm.
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Menggunakan Biochar. *Jurnal Pertanian Tropik* 2(1): 51-61.
- Irfan, M. 2014. Isolasi dan Enumerasi Bakteri Tanah Gambut di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Tambang Hijau Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. *Jurnal Agroteknologi* 5(1): 1-8.
- Iswanto, Ginting S., Zulfikar, Darwis, Leomo S., dan Rustam, L. O. 2023. Status C-organik dan Kadar N-total pada Lahan Pengembangan Kelapa Sawit di Wawolahumbuti Kecamatan Pondidaha Kabupaten Konawe. *Jurnal of Agricultural Sciences* 3(20): 103-109.
- Kamisah dan Kartika, T. 2024. Analisis Penentuan C-Organik pada Sampel Tanah Secara Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Indobiosains* 6(2): 74-80.
- Kaya, E. 2013. Pengaruh Kompos Jerami dan Pupuk NPK terhadap N-Tersedia Tanah, Serapan-N, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agrologia* 2 (1): 43-50.
- Khan, M. Z. H., Hasan, M. R., Khan, M., Aktar, S., dan Fatema, K. 2018. Distribution of Heavy Metals in Surface Sediments of the Bay of Bengal Cost. *Journal Of Toxicologi* 2(1): 1-7.

- Kumar, S., Bauddh, K., Barman, S. C., dan Singh, R. P. 2014. Amendments of Microbial Biofertilizers and Organic Substances Reduces Requirement of Urea and DAP with Enhanced Nutrient Availability and Productivity of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Jurnal Ecological Engineering* 71: 432-437.
- Kurnia, V., Sumiyati, S., dan Samudro, G. 2017. Pengaruh Kadar Air dan Ukuran Bahan Terhadap Hasil Pengomposan Sampah Organik TPST Universitas Diponegoro dengan Metode *Open Windrow*. *Jurnal Teknik Lingkungan* 6(2): 9-17.
- Kusumawati, A. 2021. *Buku Ajar Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Poltek LPP Press. Yogyakarta. 70 hlm.
- Laird, D. A., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., dan Karlen, D. L. 2010. Biochar Impact on Nutrient Leaching from a Midwestern Agricultural Soil. *Jurnal Geoderma* 158 (3): 436–442.
- Lazcano, C. dan Domínguez, J. 2011. The use of Vermicompost in Sustainable Agriculture: Impact on Plant Growth and Soil Fertility. *Agronomy for Sustainable Development* 31(1): 157–166.
- Leeuwen, J. P. V., Djukic, I., Bloem, J., Lehtinen, T., Hemerik, L., De Ruiter, P. C., dan Lair, G. J. 2017. Effects of Land Use on Soil Microbial Biomass, Activity and Community Structure at Different Soil Depths in the Danube Floodplain. *Journal of Soil Biology* 79: 14–20.
- Lehmann, J., Rilligb, M. C., Thiesa, J., Masielloc, C. A., Hockadayd, W. C., Crowleye, D. 2011. Biochar Effects on Soil pH And Nutrient Availability. *Jurnal Soil Biology and Biochemistry* 43(9): 1812–1836.
- Lehmann, J. dan Joseph, S. 2015. *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. 2nd ed. Routledge.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., dan Crowley, D. 2022. Biochar Effects On Soil Biota. *Jurnal Soil Biology and Biochemistry* 127: 1–21.
- Lim, S. L., Lee, L. H., dan Wu, T. Y. 2015. Sustainable Food Waste Management Via Vermicomposting. *Jurnal Chemical Engineering Transactions* 45: 1957–1962.
- Lingga, P. dan Marsono. 2013. *Petunjuk Penggunaan Pupuk. Edisi Revisi*. Penebar Swadaya. Jakarta. 28 hlm.
- Liu, C.H., Liu, Y., Fan, C., dan Kuang, S. Z. 2013. The Effect of Composted Pineapple Residue Return on Soil Properties and the Growth and Yield of Pineapple. *Jurnal Soil Sci Plant Nutr* 13: 433-444.

- Lisdiyanti, M., Sarifuddin., dan Guchi, H. 2018. Pengaruh Pemberian Bahan Humat dan Pupuk Sp-36 untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor pada Tanah Ultisol. *Jurnal Pertanian Tropik* 5(2): 192-198.
- Mafiangga. 2018. Pengaruh Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan NPK Grower Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*). Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Mahdi, A. G. L., Hassan, I., Samoon, S. A., Rather, H. A., Showkat., A. D., dan Zehra, B. 2010. Biofertilization in Organic Agriculture. *Jurnal of Phytology* 2(10): 42-54.
- Mastur, Syafaruddin, dan Syakir, M. 2015. Peran dan Pengelolaan Hara Nitrogen pada Tanaman Tebu Untuk Peningkatan Produktivitas Tebu. *Jurnal Perspektif* 14(2): 73-86.
- Matheus, R. dan Djaelani, A. K. 2021. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Biourin yang Diperkaya Mikroba Indigenous terhadap Tanah dan Hasil Bawang Merah di Lahan Kering. *Jurnal Pertanian Terpadu* 9(2): 177-188.
- Maula, S., Siswanto, Aditya, H. F., Yusnaini, S., dan Ramadhani, W. S. 2024. Pemanfaatan Kompos dalam Peningkatan Bahan Organik Tanah pada Perkebunan Nanas PT. Great Giant Food. *Jurnal Agrotek Tropika* 12(1): 154-161.
- Maulina, S. dan M.Iriansyah. 2018. Characteristics of Activated Carbon Resulted from Pyrolysis of the Oil Palm Fronds Powder. *Jurnal Material Science and Engineering* 309: 12-72.
- Mautuka, Z. A., Maifa, A., dan Karbeka, M. 2022. Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 8(1): 201-208.
- Mendes, R., Garbeva, P., dan Raaijmakers, J. M. 2011. The Rhizosphere Microbiome: Significance of Plant Beneficial, Plant Pathogenic, and Human Pathogenic Microorganisms. *Jurnal FEMS Microbiology* 37(5): 634–663.
- Moeskops, B., Sukristiyonubowo, Buchan, D., Sleutel, S., Herawaty, L., Husen, E., Saraswati, R., Setyorini, D., dan Neve, S. D. 2010. Soil Microbial Communities and Activities Under Intensive Organic and Conventional Vegetable Farming in West Java, Indonesia. *Jurnal Applied Soil Ecology* 45(2): 112-120.
- Mu'min, M. I., Joy, B., dan Yuniarti, A. 2016. Dinamika Kalium Tanah dan Hasil Padi Sawah (*Oryza Sativa L.*) Akibat Pemupukan NPK Majemuk dan Penggenangan pada Fluvaquentic Epiaquepts. *Jurnal Solirens* 14(1): 11-15.

- Natalia, M., Wirnanditami, H., dan Doni, R. W. 2019. Pemanfaatan Limbah Daun Nanas sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable. *Jurnal Environmetal Scientae* 5(3): 357-364.
- Ngui, M. E. 2019. *Response of Rice (Oryza sativa L.) to Bacillus Species Biofertilizer*. IPB. Bogor. 30 hlm.
- Nikiyuluw, V., Soplanit, R., dan Siregar, A. 2018. Efisiensi Pemberian Air dan Kompos Terhadap Mineralisasi NPK Pada Tanah Regosol. *Jurnal Budidaya Pertanian* 14(2): 105-112.
- Ningsih, R.C., Nusantara, R. W., dan Manurung, R. 2024. Karakteristik Kimia Tanah pada Beberapa Penggunaan Lahan di Desa Lumut Kecamatan Toba Kabupaten Sanggau. *Jurnal Pedontropika* 10 (1): 50–57.
- Poerwanto, R. dan Susila, A. D. 2011. Rekomendasi Pemupukan Kalium untuk Tanaman Nanas Berdasarkan Status Hara Tanah. *Jurnal Agronomi Indonesia* 39(1): 56-61.
- Prihandini dan Teguh. 2009. *Petunjuk Teknis Pembuatan Kompos Berbahan Kotoran Sapi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Pasuruan. 15 hlm.
- Purbalisa, W., Zulaehah, I., Paputri, D. M. W., dan Wahyuni, S. 2020. Dinamika Karbon dan Mikroba dalam Tanah pada Perlakuan Biochar Kompos Plus Carbon dan Microbial. *Jurnal Presipitasi* 17(2): 138-143.
- Puspita, D., Syofiani, R., Suhadi, Sardina A., Suryadi, I., dan Amir, S. 2024. Evaluasi Kesuburan Tanah di Lahan Kampus 2 Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Nagari Sitanang, Sumatera Barat, Indonesia. *Jurnal Agrium* 21(4): 293-300.
- Qur'ania, A., Karlitasari, L., Maryana, S., Sudrajat, C., dan Zolla. 2023. Identifikasi Defisiensi Unsur Hara pada Tanaman Cabai Menggunakan Support Vector Machine. *Jurnal Komputer dan Informatika (J-Icon)* 11(1): 62-67.
- Rahmawati, M., Susilowati, L. E., dan Arifin, Z. 2023. Pengaruh Aplikasi Pupuk Kompos dan Biochar Terhadap Populasi Bakteri di Rizosfer dan Pertumbuhan Tanaman Padi Gogo (*Oryza Sativa L.*). *Jurnal Agroteksos* 33 (1): 312–324.
- Ramadhani, W.S. dan Nuraini, Y. 2018. The Use of Pineapple Liquid Waste and Cow Dung Compost to Improve Availability of Soil N, P, and K and Growth of Pineapple Plant in an Ultisol of Central Lampung. *Journal Degrade Min Land Manage* 6(1): 1457-1465.

- Rahman, M. M., Islam, M. R., Rahman, M. A., dan Hossain, M. B. 2017. Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on the Growth and Yield of Maize in Acidic Soil. *Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology* 7(1): 20–25.
- Rahman, A., Suryatmana, P., dan Setyorini, D. 2020. Peran Kompos dan Biochar dalam Meningkatkan Ketersediaan Hara Makro Tanah. *Jurnal Tanah Tropika* 25(2): 75–82.
- Ranesa, S. S., Tejowulan, S., dan Padusung. 2024. Efek Kandungan Bahan Organik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai pada Kondisi Stres Air. *Journal of Soil Quality and Management* 1(1): 79-86.
- Rasa, K., Heikkinen, J., Hannula, S. E., dan Hyväloma, J. 2021. Biochar Improves Soil Properties and Crop Yield in Tropical Agroecosystems. *Jurnal Soil Research* 59(1): 1–14.
- Rodrigues, M.A., Ladeira, L., C., dan Arrobas, M. 2018. Azotobacter-enriched Organic Manures to Increase Nitrogen Fixation and Crop Productivity. *Jurnal Agronomi Indonesia* 93: 88-94.
- Safuan, L. O., Poerwanto, R., Susila, A. D., dan Sobir. 2011. Rekomendasi Pemupukan Kalium untuk Tanaman Nanas Berdasarkan Status Hara Tanah. *Jurnal Agron Indonesia* 39 (1): 56–61.
- Sagita, L., Siswanto. B., dan Hairiah, K. 2014. Studi Keragaman dan Kerapatan Nematoda pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Sub Das Konto. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(1): 23-63.
- Sahwan, F., L., Wahyono, S., dan Suryanto, F. 2011. Evaluasi Proses Produksi Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Mikroba Fungsional. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 12(1): 7-16.
- Sahwan, F. L., Wahyono, S., dan Suryanto, F. 2011. Evaluasi Populasi Mikroba Fungsional pada Pupuk Organik Kompos (POK) Murni dan Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Pupuk Hayati. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 12(2): 187-196.
- Salam, A. K. 2017. *Management of Heavy Metals in Tropical Soil Environment*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 257 hlm.
- Sapalina, F., Ginting, E.N., dan Fandi Hidayat. 2022. Bakteri Penambat Nitrogen Sebagai Agen Biofertilizer. *Jurnal Warta PPKS* 27(1): 41-50.
- Saibi, N. dan tongalara, A.R. 2017. Dekomposisi Serasah Avecennia Lanata pada Berbagai Tingkat Kedalaman Tanah. *Jurnal Penelitian* 6(1):55-63.

- Samauddin, N. H., Darwis, Rembon, F. S., Ginting, S., Resman, N., dan Zulfikar. 2022. Analisis Status N, P, K, KTK, dan C-organik pada Lahan Sawah Tadah Hujan Desa Lalowu Kecamatan Konda Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal of Agricultural Sciences* 2(1): 20-24.
- Santiago, C. M., Pearson, J. R., dan Navarro, Y. 2019. The Extracellular Matrix Protects *Bacillus Subtilis* Colonies from *Pseudomonas* Invasion and Modulates Plant Cocolonization. *Jurnal National Commun* 10(19): 1-5.
- Saragih, M. I. , Fauzi, dan Sabriana, T. 2019. Aplikasi Biochar dan Pupuk Kandang sebagai Amelioran dan SP-36 terhadap Peningkatan P-Tersedia, Serapan P dan Pertumbuhan Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Ultisol. *Jurnal Online Agrockoteknologi* 7(3) : 532–541.
- Sari, M. N., Sudarsono., dan Darmawan. 2017. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-tanah Kaya Al dan Fe. *Jurnal Buletin Tanah dan Lahan* 1(1): 65-71.
- Satriawan B. D. dan Handayanto, E. 2015. Effects of Biochar and Crop Residues Application on Chemical Properties of a Degraded Soil of South Malang, and P Uptake by Maize. *Journal of Degraded Andmining Lands* 2 (2): 271–281.
- Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., dan Gobi, T.A. 2013. Phosphate Solubilizing Microbes: Sustainable Approach for Managing Phosphorus Deficiency in Agricultural Soils. *Jurnal Springerplus* 2(1): 1–14.
- Siddiquee, S., Shafawati S. N., dan Naher L. 2017. Effective Composting of Empty Fruit Bunches Using Potential *Trichoderma* Strains. *Jurnal Biotechnology* 13: 1-7.
- Šimanský, V. dan Juriga, M. 2025. The Effectiveness of Biochar on Soil pH and Sorption Capacity after 9 years. *Jurnal Acta Horticulturae et Regiotecturae* 28: 83–88.
- Siswanto, B. 2018. Sebaran Unsur Hara N, P, K dan pH dalam Tanah. *Jurnal Buana Sains* 18 (2): 109-124.
- Sitorus, L. E. dan Sembiring. 2012. Pengaruh Aplikasi Kompos terhadap Emisi Co₂ dan Karbon Organik Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan* 18(2): 124-134.
- Siwanto, T., Sugiyanta, dan Melati, M. 2015. Peran Pupuk Organik dalam Peningkatan Efisiensi Pupuk Anorganik pada Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia* 43(1): 8-14.
- Sohi, S.P., Krull, E., Lopez, C.E., dan Bol, R. 2010. A Review of *Biochar* and its Use and Function in Soil. *Jurnal Advanced Agronomy* 10: 47-82.

- Soniari, N. N., Sutari, N. W. S, dan Pradnyawathi, N. L. M. 2023. Pengaruh Jenis Biochar dan Kompos terhadap Aktivitas Mikroorganisme Tanah. *Journal on Agriculture Science* 13(3): 390–396.
- Sopha, G. A. dan Uhan, T. S. 2013. Application of Liquid Organik Fertilizer from City Waste on Reduce Urea Application on Chinese Mustard (*Brassica juncea* L) Cultivation. *Jurnal AAB Bioflux* 5(1): 39-44.
- Styarini, R., Koesriharti., dan Armita, D. 2019. Pengaruh Jenis dan Dosis Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L). *Jurnal Produksi Tanaman* 7(7): 1322-1326.
- Subarkhah, M. J. dan Titah, H. S. 2023. Remediasi Logam Berat Pb dengan Menggunakan Biochar Sekam Padi dan Tongkol Jagung. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 12(1): 48-53.
- Subowo, Y. 2011. Peran Pupuk Organik dalam Meningkatkan Produktivitas Lahan dan Kesehatan Tanah. *Jurnal Litbang Pertanian* 30(2): 68–76.
- Subowo, G. 2013. Strategi pengelolaan tanah masam mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 7(1):13–24.
- Sujana, I. P. 2014. *Rehabilitasi Lahan Terdegradasi Limbah Cair Garmen dengan Pemberian Biochar. (Disertasi)*. Denpasar: Program Pascasarjana Universitas Udayana. 144 hlm.
- Sujinah, Abdurachman, S., dan Jamil, A. 2015. *Perbaikan Kesuburan Tanah melalui Penambahan Bahan Organik*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukabumi. 177 hlm.
- Sukmasari, M. D., Wijaya, A. A., Dani, U., dan Umyati, S. 2021. Potensi Mikroba Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat untuk Optimalisasi Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai. *Jurnal Agromix* 12(1): 68-73.
- Sulastri, R., Yuwariah, Y., dan Nugroho, W. H. 2020. Pengaruh Kematangan Kompos terhadap Perubahan pH Tanah dan Ketersediaan Hara. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 22(2): 87–94.
- Sullivan, D.M., Moore, A. D., Verhoeven, E., dan Brewer, L. J. 2020. *Baseline Soil Nitrogen Mineralization: Measurement And Interpretation*. Oregon State University. United States. 16 hlm.
- Sundari, S., Kusuma, Z., dan Nurjaya, I. N. 2017. Pupuk Organik dalam Meningkatkan Ketersediaan K Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 22 (3): 170–177.

- Suryanto, D., Pramudya, B., dan Siregar, M. L. 2018. Dekomposisi Bahan Organik dan Ketersediaan Hara pada Tanah. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 7 (1): 33–40.
- Susilowati, D. N., Widodo, W., dan Maryono, M. 2021. Pengaruh Jenis Pupuk Organik terhadap Pelepasan Fosfor dan Serapan Tanaman. *Jurnal Agro* 18(3): 90–96.
- Syahputra, M. H., Anhar, A., dan Irdawati. 2017. Isolasi *Trichoderma* spp. dari Beberapa Rizosfer Tanaman Padi asal Solok. *Journal Biosains* 1 (2): 97–105.
- Tambunan, S., Siswanto, B., dan Handayanto, E. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan *Biochar* terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(1): 85–92.
- Triadiati, Mubarik, N. R., dan Romasita, Y. 2013. Respon Pertumbuhan Tanaman Kedelai terhadap *Bradyrhizobium Japonicum* Toleran Masam dan Pemberian Pupuk di Tanah Masam. *Jurnal Agronomi Indonesia* 41(1): 24–31.
- Utami, A. D., Wiyono, S., Widyastuti, R., dan Cahyono, P. 2020. Keanekaragaman Mikrob Fungsional Rizosfer Nanas dengan Berbagai Tingkat Produktivitas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 25(4): 584–591.
- Utomo, M., Sabrina, T., Sudarsono, Lumbanraja, J., Rusman, B., dan Wawan. 2016. *Ilmu Tanah: Dasar-dasar dan Pengelolaan*. Prenadamedia Group. Jakarta. 205 hlm.
- Wang, Y. 2020. Effects of Vermicompost and Biochar on Soil Properties and Crop Productivity. *Journal of Soils and Sediments* 20; 456–469.
- Wawo, V. V. P., 2018. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.). *Jurnal Agrica* 11(2): 153–163.
- Wei, W., Li, L., Li, C., Wang, S., Li, L., Xie, J., Li 1, T., Zhou, Z., Zhang, S., Pu, Y., Jia, Y., Liu, X., Xu, X., dan Wang, G. 2025., Enhancing Soil Phosphorus and Potassium Availability in Tea Plantation. *Jurnal Agronomy* 15(6): 1-16.
- Widiastuti, T., Siregar, F. A., dan Darmayanti, A. 2019. Pengaruh pemberian bahan organik terhadap peningkatan pH dan ketersediaan hara tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika* 7(1): 35–43.
- Widodo, K.H. dan Kusuma, Z. 2018. Pengaruh Kompos Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung di Inceptisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 5(2): 959- 967.

- Windyasmara, L., Pertiwiningrum, A., dan Yusiaty, L. M. 2012. Pengaruh Jenis Kotoran Ternak sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Karakteristik Biogas pada Proses Fermentasi. *Jurnal Peternakan* 36(1): 40-47.
- Xie, T., Reddy, K. R., Wang, C., dan Yargicoglu, E. 2015. Characteristics and Application of *Biochar* for Environmental Remediation. *Journal Environmental* 45(9): 939-969.
- Yang, C., Liu, N., dan Zhang, Y. 2019. Soil Aggregates Regulate the Impact of Soil Bacterial and Fungal Communities on Soil Respiration. *Jurnal Geoderma* 337: 444-452.
- Yulnafatmawita, Harun, U., dan Fitriani, R. 2019. Peran Mikroba Tanah dalam Meningkatkan Efisiensi Hara dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 21(2): 89–95.
- Yuniarti, A., Solihin E., dan Putri A. T. A. 2020. Aplikasi Pupuk Organik dan N, P, K terhadap pH Tanah, P-tersedia, Serapan P, dan Hasil Padi Hitam (*Oryza Sativa* L.) pada Inceptisol. *Jurnal Kultivasi* 19(1): 1040-1046.
- Zulkarnain, M., Prasetya, B., dan Soemarno, S. 2013. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang, dan Custom-Bio terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Entisol di Kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri. *Journal Green Technology* 2(1): 45-52.