

**APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN BIOCHAR  
PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH TERHADAP  
TINGKAT KEKERASAN TANAH DI PERTANAMAN NANAS,  
LAMPUNG TENGAH**

**(Skripsi)**

Oleh

**Siti Wulan Dari  
2114181014**



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

**APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN BIOCHAR  
PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH TERHADAP  
TINGKAT KEKERASAN TANAH DI PERTANAMAN NANAS,  
LAMPUNG TENGAH**

**Oleh**

**Siti Wulan Dari**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Ilmu Tanah  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



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

## **ABSTRAK**

### **APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH TERHADAP TINGKAT KEKERASAN TANAH DI PERTANAMAN NANAS, LAMPUNG TENGAH**

**Oleh**

**Siti Wulan Dari**

Produksi nanas mengalami penurunan hal ini diakibatkan karena kesuburan tanah rendah rentan terjadi pemedatan. Upaya yang dilakukan untuk menurunkan kekerasan tanah dilakukan pengolahan tanah dan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pengolahan tanah dan pupuk organik diperkaya mikroba serta biochar terhadap kekerasan tanah. Penelitian dilakukan di lokasi 32C PT. GGP dan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung. Penelitian menggunakan rancangan split plot, dengan petak utama  $T_1$  = bajak kedalaman 30 cm + cacah seresah tanaman nanas 1x,  $T_2$  = bajak kedalaman 40 cm + cacah seresah tanaman nanas 2x dan anak petak  $P_1$  = Pupuk Organik GGP 50 ton/ha,  $P_2$  = Pupuk Organik GGP 40 ton/ha + Biochar 10 ton/ha,  $P_3$  = Pupuk Organik Premium GGP 50 ton/ha dan  $P_4$  = Pupuk Organik Premium GGP 50 ton/ha + Mikroba LOB 40 L/ha. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah bajak kedalaman 40 cm + cacah seresah nanas 2x mampu menurunkan kekerasan tanah hingga umur 9 BST dan pemberian Pupuk Organik premium GGP mampu menurunkan kekerasan tanah dan meningkatkan kemantapan agregat tanah dibandingkan pemberian Pupuk Organik premium GGP + Mikroba LOB. Perlakuan  $T_2P_2$  efektif menurunkan kekerasan pada umur 3 BST, sedangkan  $T_2P_3$  menurunkan kekerasan tanah yang signifikan signifikan pada 6 dan 9 BST. Meskipun pengolahan tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman, namun aplikasi pupuk organik + biochar ( $P_2$ ) berpengaruh terhadap berat tanaman pada umur 9 BST.

**Kata Kunci:** Manajemen Lahan, Mikroba, Kemantapan Agregat, Kekerasan Tanah, Pupuk Organik

## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF MICROBE-ENRICHED ORGANIC FERTILIZER AND BIOCHAR IN VARIOUS SOIL TILLAGE SYSTEMS ON SOIL HARDNESS IN PINEAPPLE PLANTATION, CENTRAL LAMPUNG**

**By:**

**Siti Wulan Dari**

Pineapple production has experienced a decline due to low soil fertility which is prone to compaction. Efforts to reduce soil hardness include soil cultivation and the application of organic fertilizers enriched with microbes and biochar. This research aims to determine the impact of soil cultivation and organic fertilizers enriched with microbes as well as biochar on soil hardness. The study was conducted at location 32C PT. GGP and in the Soil Science Laboratory of the University of Lampung. The research employed a split plot design, with the main plots  $T_1$  = plowing to a depth of 30 cm + shredded pineapple plant residue once,  $T_2$  = plowing to a depth of 40 cm + shredded pineapple plant residue twice, and subplots  $P_1$  = GGP Organic Fertilizer 50 tons/ha,  $P_2$  = GGP Organic Fertilizer 40 tons/ha + Biochar 10 tons/ha,  $P_3$  = GGP Premium Organic Fertilizer 50 tons/ha, and  $P_4$  = GGP Premium Organic Fertilizer 50 tons/ha + Microbe LOB 40 L/ha. The research results show that plowing soil to a depth of 40 cm combined with shredding pineapple residues twice can reduce soil hardness up to 9 MAP, and the application of premium organic fertilizer GGP can reduce soil hardness and increase soil aggregate stability compared to the application of premium organic fertilizer GGP + LOB microbes. The treatment  $T_2P_2$  effectively reduces hardness at 3 MAP, while  $T_2P_3$  significantly reduces soil hardness at 6 and 9 MAP. Although soil cultivation does not significantly affect plant growth, the application of organic fertilizer + biochar ( $P_2$ ) has an effect on plant weight at 9 MAP.

**Keywords:** Land Management, Microbes, Aggregate Stability, Soil Hardness, Organic Fertilizer.

Judul :**APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN BIOCHAR PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH TERHADAP TINGKAT KEKERASAN TANAH DI PERTANAMAN NANAS, LAMPUNG TENGAH**

Nama :**Siti Wulan Dari**

NPM :**2114181014**

Jurusan/Program Studi :**Ilmu Tanah**

Fakultas :**Pertanian**

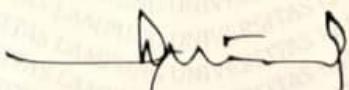
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

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

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

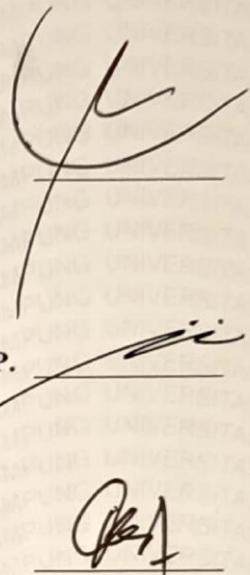
2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

  
**Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**  
NIP 196611151990101001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Pengaji

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



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

Pengaji

: Dedy Prasetyo, S.P., M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Juli 2025

## SURAT PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul  
**“APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN BIOCHAR  
PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH TERHADAP  
TINGKAT KEKERASAN TANAH DI PERTANAMAN NANAS, LAMPUNG  
TENGAH”** merupakan hasil karya sendiri 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).

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

Rancae Lampung, 30 Juli 2025



Si<sup>t</sup>u Wuhan Dari  
NPM. 2114181014

## **RIWAYAT HIDUP**



Penulis bernama Siti Wulan Dari dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 25 Juni 2003 dari Ayah bernama Jemino dan Ibu bernama Ratni. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-Kanak Bumi Dipasena Abadi pada tahun 2007, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SDN 1 Bumi Dipasena Abadi pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Abung Semuli dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Abung Semuli dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan strata-1 pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (GAMATALA) sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan pada periode 2023 dan 2024. Selain itu penulis juga menjadi asisten dosen praktikum Dasar-dasar ilmu tanah dan Fisika Tanah.

Pada bulan Januari- Februari tahun 2024 penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Desa Bukit Harapan, Kecamatan Way Tuba, Kabupaten Way Kanan. Kemudian pada bulan Juli-Agustus 2024 penulis mengikuti Praktek Umum di PT. *Great Giant Pineapple*. Penulis melakukan kegiatan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir dalam bentuk skripsi yang berjudul Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah Di Pertanaman Nanas, Lampung Tengah

## **MOTTO**

“Cukuplah Allah sebagai penolong kami, dan Allah adalah sebaik-baik pelindung”  
(Ali-Imran: 173)

"Barang siapa bertakwa kepada Allah, niscaya Dia akan membuka jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka."  
(QS. At-Talaq, 2–3)

*“It always seems impossible until it's done.”*  
(Nelson Mandela)

“Coba hancurkanku dan ku tetap berdiri, takkan berhenti hingga di ujung waktu”  
(Yotari- Sembuh)

## **SANWACANA**

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah S.W.T atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah Di Pertanaman Nanas, Lampung Tengah” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana ilmu tanah di Universitas Lampung.

Selama proses penyelesaian skripsi, penulis telah memperoleh banyak bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini 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 I yang telah memberikan bimbingan dan motivasi bagi penulis.
4. Ibu Wini Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing II yang telah telah memberikan ide, nasihat, semangat serta kesabarannya selama penulis menjalankan proses penelitian dari awal hingga akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dedy Prasetyo, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan motivasi membangun dalam penyelesaian skripsi.

6. Ibu Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan arahan dan saran kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
7. Seluruh dosen, staf administrasi dan staf Laboratorium Ilmu Tanah yang telah memberikan begitu banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis
8. PT. *Great Giant Pineapple* yang telah membantu dan memfasilitasi kegiatan penelitian.
9. Kedua orang tua saya Bapak Jemino dan Ibu Ratni, Terimakasih banyak untuk doa yang selalu diberikan kepada penulis, kasih sayang melimpah, terimakasih karena selalu ada untuk penulis memberi dukungan, motivasi untuk tetap bangkit menyelesaikan sedikit lagi perjalanan perkuliahan ini. Terimakasih banyak Bapak ibu yang selalu mengusahakan yang terbaik untuk pendidikan anak-anaknya, sehat selalu untuk bapak ibu semoga bisa menemani disetiap perjalanan kedua anaknya. Semoga bekal pendidikan yang telah diberikan ini bisa membahagiakan bapak ibu aamiin.
10. Untuk kakak ku tersayang Siti Ning Mulyaningsih, S.Pi. terimakasih banyak telah memberikam semangat dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih telah memberi arahan dan masukan untuk kehidupan yang lebih baik kepada penulis. Sehat dan sukses selalu kakakku doa terbaik dariku untuk mu.
11. Untuk Temanku tersayang Lisel Niya Sika, S.A.N. dan Afi Lutfia Mahda yang telah berteman dengan penulis dari taman kanak-kanak hingga sekarang, terimakasih telah memberikan semangat dan selalu memberi dukungan kepada penulis, sukses selalu teman temanku.
12. Temanku tersayang Widiawati yang telah berteman dengan penulis dari masa sekolah menengah pertama hingga saat ini, terimakasih selalu support dan mendoakan penulis.
13. Temanku Adinda Ramadani, S.H. dan Nur Ridha Putri, S.Pd. teriamakasih telah menemani penulis hingga akhir masa perkuliahan serta teman-teman kos G15 tempat ternyaman untuk pulang yang selalu suport satu sama lain tempat berkeluh kesah tentang perkuliahan ini, semoga kita sukses selalu.

14. Temanku Inggit Putri Mediva dan Tiara Agustin teman pertama semasa kuliah terimakasih telah menjadi teman penulis selama perkuliahan dan untuk teman-teman Ilmu Tanah angkatan 2021 sukses selalu untuk semua nya
15. Untuk teman-teman KKN “Desa Bukit Harapan” terimakasih untuk perjalanan singkat nan berkesan dan terimakasih telah memilih berjuang bersama daripada asing.
16. Terakhir, saya sendiri. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini dan tidak memilih menyerah kemarin. Saya bersyukur bisa sampai ditahap ini setelah melewati banyak tantangan dan tetap menjaga semangat selama penulisan skripsi. Semoga pencapaian ini menjadi langkah awal untuk masa depan yang lebih baik.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membala segala kebaikan mereka. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 30 Juli 2025  
Penulis

Siti Wulan Dari

## **DAFTAR ISI**

Halaman

<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>I PENDAHULUAN.....</b>	<b>2</b>
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Kerangka Pemikiran.....	5
1.5 Hipotesis .....	8
<b>II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>10</b>
2.1 Tanaman Nanas ( <i>Ananas comosus</i> [L.] Merr) .....	10
2.2 Proses dan Penyebab Kekerasan Tanah (Kompaksi).....	11
2.3 Pengaruh Pengolahan Tanah Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah.....	12
2.4 Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah .....	13
2.5 Pengaruh Biochar Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah (Kompaksi).....	15
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Bahan dan Alat .....	17
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.4.1 Penyiapan Lahan.....	20

3.4.2 Aplikasi Pupuk Organik .....	20
3.4.3 Penanaman.....	20
3.4.4 Pemeliharaan tanaman .....	20
3.4.5 Pengambilan Sampel Tanah dan Penetrometer.....	21
3.5 Variabel Pengamatan .....	22
3.5.1 Analisis Variabel utama.....	22
3.5.2 Variabel Pendukung .....	23
3.5.3 Variabel Pertumbuhan .....	26
3.6 Analisis Data .....	26
 <b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	 <b>27</b>
4.1. Karakteristik Tanah Awal .....	27
4.2 Karakteristik Tanah Setelah Perlakuan .....	29
 <b>V SIMPULAN.....</b>	 <b>60</b>
5.1 Simpulan .....	60
5.2 Saran .....	61
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>62</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan percobaan .....	18
2. Kombinasi Perlakuan Petak Utama dan Anak Petak .....	18
3. Variabel Pengamatan Penelitian .....	22
4. Klasifikasi indeks dispersi tanah (%).....	24
5. Klasifikasi C-organik (%) berdasarkan balai penelitian tanah (2009).....	25
6. Klasifikasi Kemantapan Agregat Tanah.....	26
7. Hasil Analisis Tanah Awal.....	28
8. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Kemantapan Agregat pada setiap umur tanaman nanas.....	40
9. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap ruang pori total pada setiap umur tanaman nanas .....	45
10. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap nilai indeks dispersi (%) tanah pada beberapa umur tanaman nanas .....	46
11. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap nilai C-Organik (%) tanah pada beberapa umur tanaman nanas .....	49
12. Pengaruh Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik tanah pada umur tanaman 3 BST .....	50
13. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Terhadap C-Organik tanah pada umur tanaman 3 BST .....	51

14. Pengaruh Interaksi Pengolahan Tanah dan berbagai Aplikasi pupuk organik Terhadap C-Organik tanah pada umur tanaman 3 BST .....	52
15. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap berat tanaman pada setiap umur tanam nanas .....	55
16. Pengaruh Aplikasi Pupuk (P) terhadap Berat Tanaman pada 9 BST .....	56
17. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap jumlah akar pada setiap umur tanam nanas .....	57
18. Hasil Uji Korelasi beberapa sifat fisik tanah terhadap indeks Kemantapan agregat tanah.....	58
19. Nilai Kekerasan Tanah Sebelum Perlakuan .....	72
20. Nilai Kekerasan Tanah pada umur Tanamana 3 BST .....	76
21. Nilai Kekerasan Tanah Pada Umur Tanaman 6 BST .....	79
22. Nilai Kekerasan Tanah Pada Umur Tanaman 9 BST .....	82
23. Data Iklim di PT.GGP Pada Tahun 2024.....	85
24. Standar Eror Kemantapan Agregat Pada Umur Tanaman 3 BST .....	85
25. Standar Eror Kemantapan Agregat Pada Umur Tanaman 6 BST .....	86
26. Standar Eror Kemantapan Agregat Pada Umur Tanaman 9 BST .....	86
27. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Ruang Pori Total Pada Pengamatan 3 BST .....	87
28. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Ruang Pori Total Pada Pengamatan 3 BST .....	87
29. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Ruang Pori Total Pada Pengamatan 6 BST .....	88
30. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Ruang Pori Total Pada Pengamatan 6 BST .....	88

31. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Ruang Pori Total Pada Pengamatan 9 BST .....	89
32. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Ruang Pori Total Pada Pengamatan 9 BST .....	89
33. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Berat Tanaman Pada Pengamatan 3 BST .....	90
34. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Berat Tanaman Pada Pengamatan 3 BST .....	90
35. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Berat Tanaman Pada Pengamatan 6 BST .....	91
36. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Berat Tanaman Pada Pengamatan 6 BST .....	91
37. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Berat Tanaman Pada Pengamatan 9 BST .....	92
38. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Berat Tanaman Pada Pengamatan 9 BST .....	92
39. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Jumlah Akar Pada Pengamatan 3 BST.....	93
40. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Jumlah Akar Pada Pengamatan 3 BST.....	93

41. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Jumlah Akar Pada Pengamatan 6 BST.....	94
42. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Jumlah Akar Pada Pengamatan 6 BST.....	94
43. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Jumlah Akar Pada Pengamatan 9 BST.....	95
44. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap Jumlah Akar Pada Pengamatan 9 BST.....	95
45. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik Pada Pengamatan 3 BST.....	96
46. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik Pada Pengamatan 3 BST.....	96
47. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik Pada Pengamatan 6 BST.....	97
48. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik Pada Pengamatan 6 BST.....	97
49. Uji Homogenitas Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik Pada Pengamatan 9 BST.....	98
50. Hasil Analisis Ragam Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Di Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Terhadap C-Organik Pada Pengamatan 9 BST.....	98
51. Hasil Uji Korelasi Ruang Pori Tanah (%) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 3 BST .....	99

52. Hasil Uji Korelasi Ruang Pori Tanah (%) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 6 BST .....	99
53. Hasil Uji Korelasi Ruang Pori Tanah (%) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 9 BST .....	99
54. Hasil Uji Korelasi C-Organik (%) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 3 BST .....	99
55. Hasil Uji Korelasi C-Organik (%) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 6 BST .....	100
56. Hasil Uji Korelasi C-Organik (%) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 9 BST .....	100
57. Hasil Uji Korelasi Berat Tanaman (g) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 3 BST .....	100
58. Hasil Uji Korelasi Berat Tanaman (g) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 6 BST .....	100
59. Hasil Uji Korelasi Berat Tanaman (g) dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 9 BST .....	101
60. Hasil Uji Korelasi Jumlah Akar dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 3 BST .....	101
61. Hasil Uji Korelasi Jumlah Akar dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 6 BST .....	101
62. Hasil Uji Korelasi Jumlah Akar dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 9 BST .....	101
63. Hasil Uji Korelasi Indeks Dispersi dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 3 BST .....	102
64. Hasil Uji Korelasi Indeks Dispersi dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 6 BST .....	102
65. Hasil Uji Korelasi Indeks Dispersi dengan Kemantapan Agregat pada umur tanaman 9 BST .....	102

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar	Halaman
1. Skema kerangka pemikiran aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba.....	8
2. Tata letak percobaan .....	19
3. Alur Waktu Pelaksanaan Penelitian Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Dalam Menurunkan Tingkat Kekerasan Tanah Di Pertanaman Nanas, Lampung Tengah.....	19
4. Skema Pengambilan Sampel Tanah dan Titik Penetrometer .....	21
5. Grafik nilai penetrasi tanah awal lokasi 32C di PT. Great Giant Pineapple	27
6. Grafik nilai penetrasi tanah lokasi 32C pada umur 3 BST di PT. Great Giant Pineapple.....	31
7. Grafik nilai penetrasi tanah lokasi 32C pada umur 6 BST di PT. Great Giant Pineapple.....	34
8. Grafik nilai penetrasi tanah lokasi 32C pada umur 9 BST di PT. Great Giant Pineapple.....	37
9. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 3 BST Perlakuan T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> Berbeda Pemupukan.....	103
10. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 3 BST Perlakuan T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> Berbeda Pemupukan.....	103
11. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 3 BST Perlakuan T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> Berbeda Pemupukan.....	103
12. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 3 BST Perlakuan T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> Berbeda Pemupukan.....	104

13. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 6 BST Perlakuan T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> Berbeda Pemupukan.....	104
14. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 6 BST Perlakuan T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> Berbeda Pemupukan.....	104
15. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 6 BST Perlakuan T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> Berbeda Pemupukan.....	105
16. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 6 BST Perlakuan T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> Berbeda Pemupukan.....	105
17. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 6 BST Perlakuan T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> Berbeda Pemupukan.....	105
18. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 6 BST Perlakuan T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> Berbeda Pemupukan.....	106
19. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>1</sub> P <sub>1</sub> .....	106
20. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>1</sub> P <sub>2</sub> .....	106
21. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>1</sub> P <sub>3</sub> .....	107
22. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>1</sub> P <sub>4</sub> .....	107
23. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>2</sub> P <sub>1</sub> .....	107
24. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>2</sub> P <sub>2</sub> .....	108
25. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>2</sub> P <sub>3</sub> .....	108
26. Distribusi Akar Pada Umur Tanaman 9 BST Perlakuan T <sub>2</sub> P <sub>4</sub> .....	108
27. Alat yang digunakan untuk pembajakan ( <i>Disk Plow</i> ) .....	109
28. Pembajakan Tanah.....	109
29. Hasil Pembajakan Tanah.....	109
30. Kedalaman Pembajakan Tanah .....	109
31. Pengaplikasian Mikro-organisme yang akan diperkaya di pupuk organik..	110
32. Pencampuran Mikroba LOB dengan pupuk organik.....	110
33. Pengadukan pupuk organik agar merata.....	110
34. Pengaplikasian di lahan .....	110

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanaman nanas merupakan salah satu komoditas unggulan dalam bidang pertanian di Indonesia dan menjadi buah ekspor yang sangat diminati oleh negara-negara non-tropis seperti Amerika, Jerman, Rusia, dan lainnya yang menyebabkan permintaan pasar ekspor nanas meningkat (Kementerian Pertanian, 2015). Pada tahun 2023, hasil produksi nanas di Indonesia mencapai 3.156.576 ton, dengan kontribusi Provinsi Lampung sebesar 29,13% (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2023). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2023, Provinsi Lampung mencatat produksi nanas sebesar 722.847 ton, kontributor utama produksi nanas di Provinsi Lampung adalah PT. *Great Giant Pineapple* (PT.GGP) sebanyak 99,44% yang berlokasi di Lampung Tengah.

Lahan di PT. GGP memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah, ditandai dengan kandungan bahan organik yaitu berkisar antara 1-2% relatif rendah. Pada tahun 2020, sebanyak 53% tanah di PT. GGP memiliki kandungan C-organik di bawah 1,2%, dengan rata-rata sebesar 0,97% (PT. GGP, 2020). Rendahnya kandungan bahan organik dapat mengakibatkan tanah menjadi mudah padat akibat penyumbatan pori-pori tanah dan menyebabkan nilai *Bulk Density* tanah tinggi serta total ruang pori tanah rendah (Listyarini dkk, 2023).

PT. GGP memanfaatkan alat berat guna mempermudah kegiatan produksi nanas, tekanan yang dihasilkan oleh alat berat pada permukaan tanah juga dapat menyebabkan tanah mengalami degradasi ditandai oleh penurunan ruang pori total tanah yang dapat menyebabkan pemadatan tanah (Afandi, 2020). Pemadatan tanah merupakan penggabungan fisik tanah akibat rusaknya struktur tanah

sehingga ruang pori tanah tersumbat oleh partikel agregat yang hancur, meningkatkan ketahanan tanah untuk ditembus akar dan sering menjadi penyebab menurunnya hasil tanaman (Wolkowski dan Lowery, 2008).

Upaya yang dilakukan untuk menurunkan kekerasan tanah atau pemasatan tanah yaitu dengan melakukan pengolahan tanah dan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar sebagai bahan organik. Pengolahan tanah yang dilakukan yaitu bajak dalam dan cacah seresah tanaman nanas. Pupuk organik yang digunakan berupa kompos yang telah ditambahkan mikroba berupa *Trichoderma sp* sebagai dekomposer, *Azospirillum sp*, *Azotobacter sp.* berfungsi sebagai mikroba pengikat nitrogen (*N-Fixer*), *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp*, sebagai mikroba pelarut fosfat dan biochar.

Penggunaan bajak dalam pada tanah yang padat mampu memperbaiki sifat fisik tanah. Lapisan tanah keras pada kedalaman tertentu diolah bertujuan untuk menggemburkan tanah sehingga tidak menghambat pertumbuhan akar serta penyerapan air dan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Hasil penelitian Madeiros, dkk (2013) menunjukan bahwa bajak dalam diantara barisan tanaman dikebun jeruk dapat mengubah sifat fisik tanah yaitu pengurangan bobot isi (BI) tanah, tingkat kekompakan kritis dan ketahanan penetrasi tanah. Untuk meningkatkan kesuburan tanah diharapkan dengan perbaikan lahan dan penambahan bahan organik. Penambahan seresah juga berguna bagi tanah apabila telah mengalami penguraian, sehingga senyawa organik kompleks pada seresah diubah menjadi senyawa anorganik dan menghasilkan hara mineral yang dimanfaatkan oleh tanaman (Bintoro, 2019). Seresah tanaman nanas berupa daun dan bonggol nanas memiliki kandungan polimer yang sulit untuk didekomposisi (Haura, 2021). Maka dari itu untuk memudahkan proses dekomposisi seresah tanaman nanas dilakukan pencacahan (*Chopping*) sebanyak 2 kali.

Pencacahan seresah tanaman nanas (*chopping*) sebanyak 2 kali berfungsi untuk menghasilkan bahan organik yang lebih halus. Menurut Djajakirana (2020), bahwa bahan organik memiliki peran dan fungsi yang vital di dalam tanah,

mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Karena, kandungan yang terdapat pada seresah dan bonggol nanas tersebut merupakan polimer yang sulit untuk didekomposisi (Haura, 2021). Maka diperlukan penambahan pupuk organik yang telah diperkaya mikroba bertujuan untuk mempercepat laju proses dekomposisi.

Penambahan pupuk organik yang telah diperkaya mikroba bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Mikroba yang ditambahkan berupa *Trichoderma sp.*, *Azospirillum sp*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*. Penambahan mikroorganisme seperti *Trichoderma* sp berguna untuk mempercepat proses dekomposisi, *Bacillus* sp, dan *Pseudomonas* sp, sebagai mikroba pelarut fosfat, *Azospirillum* sp, dan *Azotobacter* sp sebagai mikroba pengikat nitrogen. *Pseudomonas* sp juga dapat menghasilkan fitohormon gibberelin, dan sitokinin untuk merangsang pertumbuhan akar dan tunas. (Suryaningsih, 2008).

Biochar memiliki sifat fisik yaitu pori yang besar, kapasitas ketersediaan air tergolong tinggi serta mampu merubah sifat fisik tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Santi dan Goenadi, 2010). Pori yang tersedia pada biochar dapat dijadikan tempat hidup mikroba. Menurut Saito dan Marumoto (2002) fungi dapat bersporulasi di dalam pori mikro biochar karena di dalam pori tersebut kompetisi yang terjadi dengan saprofit lainnya cukup rendah. Pemanfaatan biochar sebagai pupuk *slow-release* merupakan strategi peningkatan bahan organik sekaligus meningkatkan retensi hara untuk efisiensi pemupukan. Biochar memiliki peran lebih resisten terhadap pelapukan dibandingkan dengan bahan organik hasil dekomposisi, sehingga mampu memulihkan lahan lahan pertanian yang terdegradasi dan tersedian dalam jangka panjang di dalam tanah (Mateus, 2017).

Hasil penelitian Sidabutar dkk, (2024) menunjukkan bahwa pemberian kombinasi kompos 10 ton/ha + 5 ton biochar sudah mampu memperbaiki kepadatan tanah melalui peningkatan bahan organik, penurunan bobot volume tanah, peningkatan total ruang pori tanah, ketahanan penetrasi tanah, serta meningkatkan kadar air

tanah dibandingkan tanpa perlakuan. Oleh karena itu perlu dikaitkan berbagai sistem pengolahan lahan terhadap aplikasi bahan organik diperkaya mikroba dan biochar dapat menurunkan tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas di Lampung Tengah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah pengolahan tanah berpengaruh terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas ?
2. Apakah pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar berpengaruh terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas ?
3. Apakah pengolahan tanah dengan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar berpengaruh terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas?
4. Apakah pengolahan tanah dengan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman nanas?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh pengolahan tanah terhadap tingkat kekerasan tanah, di pertanaman nanas.
2. Menganalisis pengaruh pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan, biochar terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas.
3. Menganalisis pengaruh pengolahan tanah dengan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas.
4. Menganalisis pengaruh pengolahan tanah dengan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman nanas.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

PT. *Great Giant Pineapple* (PT. GGP) menjadi kontributor utama produksi nanas di Provinsi Lampung sebanyak 99,44%. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2023 Provinsi Lampung mencatat produksi nanas sebesar 722.847 ton mengalami penurunan sebesar 16,11% dari tahun 2022. Penurunan produksi nanas di PT GGP salah satunya disebabkan oleh permasalahan kesuburan tanah.

Karakteristik tanah di PT. GGP memiliki kesuburan tanah yang rendah dengan kandungan bahan organik berkisar antara 1-2%, hanya sekitar 5% lokasi yang memiliki C-organik sedang yaitu 2-3%, dengan pH tanah berkisar antara 4,2-5,2 dan tekstur tanah didominasi liat dan liat berpasir dengan curah hujan per tahun berkisar 1.300-3.600 mm/th (Afandi, 2020).

Kesuburan tanah berhubungan dengan sifat fisik tanah, apabila sifat fisik tanah tidak sesuai maka dapat mempengaruhi kesuburan tanah. Permasalahan kesuburan tanah yang rendah terjadi akibat rendahnya kandungan bahan organik di dalam tanah dan penggunaan alat pertanian guna membantu kegiatan produksi nanas. Tekanan yang dihasilkan dari penggunaan alat berat mengakibatkan terjadinya pemanjangan pada tanah.

Menurut Horn dan Lebert (1994), Pemanjangan tanah adalah proses peningkatan massa tanah per satuan volume akibat beban eksternal atau perubahan tekanan air tanah, yang mengurangi pori-pori tanah dan mempengaruhi kesuburan tanah dengan meningkatkan kerapatan, berat isi, dan kekerasan tanah. Kekerasan tanah dipengaruhi oleh ruang pori, kadar air, dan kandungan bahan organik. Tanah dengan bahan organik rendah lebih mudah padat, mengurangi infiltrasi air dan menghambat pertumbuhan akar, sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, penting untuk mengelola kadar bahan organik dalam tanah untuk menjaga struktur tanah dan mencegah pemanjangan berlebihan (Al- Musyafa, 2016).

Akar tanaman tidak dapat berkembang apabila tanah mengalami pemanjangan, dibutuhkan tanah yang gembur untuk memudahkan akar menembus tanah (Widodo, 2018). Tanah sebagai media tanam diharapkan dapat menyediakan

kondisi yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman. Akar, sebagai bagian tanaman yang berinteraksi langsung dengan tanah, harus mampu menembus tanah untuk menyerap nutrisi yang diperlukan. Kemudahan akar dalam menembus tanah dikenal sebagai ketahanan penetrasi tanah, yang mencerminkan kekuatan tanah (Asril dkk., 2022).

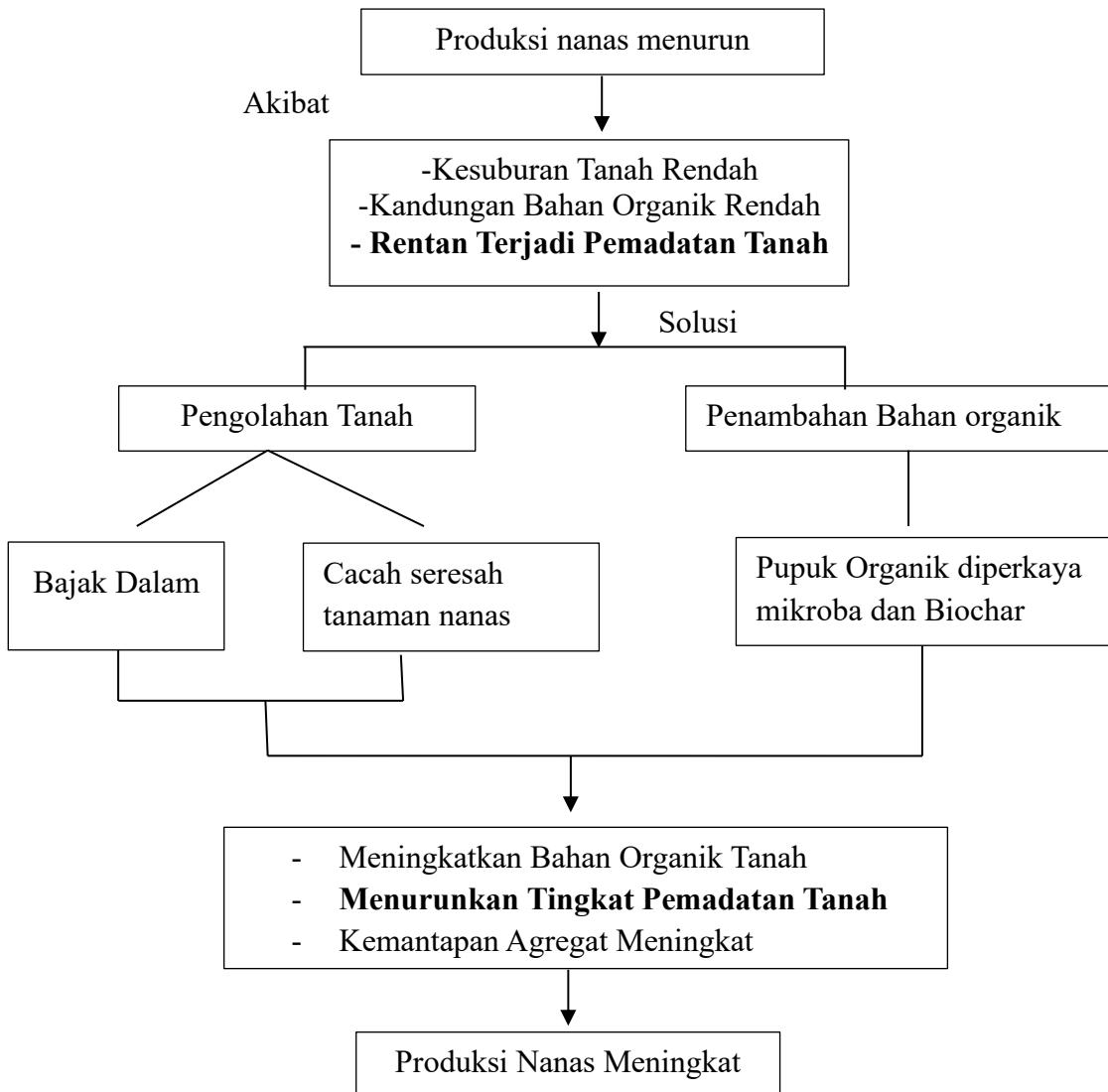
Upaya yang dilakukan untuk menurunkan kekerasan tanah yaitu dengan pengolahan lahan dan penambahan bahan organik yang diperkaya mikroba dan biochar. Pengolahan lahan berperan untuk menggemburkan tanah yang keras bagian dalam. Sedangkan pupuk kompos diperkaya mikroba dan biochar berperan sebagai bahan pemberah tanah atau *amerolian*. Pemberian bahan organik ini akan meningkatkan kandungan C- Organik dan bahan organik dapat memperbaik sifat fisik tanah.

Pengolahan tanah bajak dalam adalah pengolahan tanah yang bertujuan untuk memotong dan memecah lapisan tanah keras yang terbentuk akibat pemadatan oleh lalu lintas alat pertanian atau pemadatan alami akibat pengaruh iklim. Lapisan tanah keras ini perlu dipecah karena dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan akar serta penyerapan air dan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Alat yang digunakan dalam bajak dalam adalah *moldboard*. Penggunaan *molboard* dapat memperbaiki sifat fisik tanah dengan menurunkan *Bulk Density* dan meningkatkan porositas tanah, sehingga menciptakan kondisi yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Madeiros, dkk (2013) menyatakan bahwa bajak dalam diantara barisan tanaman dikebun jeruk dapat mengubah sifat fisik tanah yaitu pengurangan bobot isi (BI) tanah, tingkat kekompakan kritis dan ketahanan penetrasi tanah. Dalam perbaikan kesuburan tanah selain pengolahan lahan perlu dilakukan penambahan biomassa tanaman. Biomassa tanaman yang ditambahkan berupa seresah tanaman nanas, seresah tanaman nanas memiliki kandungan lignin yang tinggi sehingga sulit diuraikan oleh karena itu, dilakukan pencacahan seresah tanaman nanas sebanyak 2 kali.

Pencacahan seresah tanaman nanas (*chopping*) berguna untuk mengembalikan bahan organik kedalam tanah. *Cacah* yang dilakukan sebanyak 2 kali bertujuan untuk mendapatkan bahan organik yang lebih halus. Bahan organik yang halus lebih cepat terdekomposisi. Kandungan yang terdapat pada daun dan bonggol nanas tersebut merupakan polimer yang sulit untuk didekomposisi dapat dapat terurai secara alami, tetapi membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu perlu penambahan pupuk organik yang diperkaya mikroba.

Mikroba yang ditambahkan yaitu *Trichoderma sp*, *Aspergilus sp.*, *Azospirilum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*. Menurut Dayana, (2012) jamur *Trichoderma sp* dan *P-Solubilizer* (*Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp*) aktif dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik melalui inokulasi jamur selulotik karena kemampuannya dalam menghasilkan enzim yang dapat menurunkan selulosa, hemiselulosa dan lignin. *N-Fixer* membantu meningkatkan ketersediaan N guna laju pertumbuhan tanaman. Mikroba yang ditambahkan dapat membantu membentuk struktur tanah berbentuk granular, hal ini dikarenakan mengandung lendir ekstraseluler mikroba heterotropik yang membentuk jaringan seperti jala. Jaringan ini efektif dalam menyatukan partikel tanah sehingga dapat memperbaiki struktur tanah, memperbaiki porositas tanah dan daya ikat air sehingga akan mengurangi pemedatan pada tanah (Widodo, 2018). Mikroba perlu tempat hidup maka ditambahkan biochar yang bertujuan sebagai tempat hidup mikroba.

Biochar ditambahkan sebagai pemberah tanah karena dapat memperbaiki sifat kimia, biologi dan fisik tanah. Biochar sebagai pemberah bagi tanah mampu memperbaiki sifat tanah seperti meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan permeabilitas, memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan kandungan c-organik tanah, meningkatkan ruang pori tanah mengurangi pemedatan pada tanah (Widowati dkk., 2013). Ruang pori yang terdapat pada biochar dapat digunakan sebagai tempat hidup mikroba. Penambahan biochar kedalam tanah berpotensi dalam memperbaiki kesuburan tanah dan memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi. Biochar memiliki sifat lebih stabil dalam tanah dan sukar teroksidasi (Mawardian dkk., 2013).



Gambar 1. Skema kerangka pemikiran aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar pada berbagai sistem pengolahan tanah dalam menurunkan tingkat kekerasan tanah dipertanaman nanas di Lampung Tengah.

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

1. Pengolahan tanah berpengaruh terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas.
2. Pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar dapat berpengaruh terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas.

- 3.Terdapat pengaruh pengolahan tanah dengan pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar terhadap tingkat kekerasan tanah di pertanaman nanas.
- 4.Berbagai pengolahan tanah serta pemberian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman nanas.

## **II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tanaman Nanas (*Ananas comosus* [L.] Merr)**

Nanas dengan nama ilmiah *Ananas comosus* (L.) Merr, tumbuh subur di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini berasal dari Brasil (Amerika Selatan) dan ditemukan oleh penjelajah Portugis, Ferdinand Magellan, pada tahun 1519. Pada tahun 1555, nanas diekspor ke Inggris dan menyebar cepat ke India, Asia, serta Hindia Barat. Di tahun 1599, bangsa Spanyol dan Portugal membawa nanas ke Indonesia, khususnya di Jawa dan Sumatra, di mana awalnya ditanam di pekarangan rumah (Tim Karya Tani Mandiri, 2010).

Menurut Soedarya (2009), nanas memiliki nama botani *Ananas comosus* L.. Klasifikasinya adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Divisi: Spermatophyta

Kelas: Angiospermae

Subkelas: Monocotyledonae

Ordo: Farinosae

Famili: Bromeliaceae

Genus: *Ananas*

Spesies: *Ananas comosus* (L.) Merr.

Menurut Abadi dan Handayani (2007), nanas adalah tanaman yang mudah dibudidayakan dan bisa tumbuh di dataran rendah maupun tinggi. Tanaman ini membutuhkan tanah dengan aerasi yang baik serta kaya humus, karena akarnya

dangkal dan sedikit, sehingga peka terhadap genangan. Tanah bertekstur liat dengan pH 4,5-5,5 ideal untuk tanaman nanas, yang toleran terhadap tanah asam. Nanas dapat tumbuh di daerah dengan curah hujan 1000-3000 mm/tahun, tetapi optimal pada curah 1000-1500 mm/tahun. Suhu pertumbuhan idealnya berkisar antara 29-32°C.

Tanaman nanas adalah tanaman tahunan. Morfologi tanaman nanas terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan buah. Akar melekat pada pangkal batang dan termasuk akar serabut, kedalaman perakaran pada media tanah yang baik antara 30-50 cm. Batang nanas berfungsi sebagai tempat melekatnya akar, daun, bunga, tunas, dan buah, memiliki panjang sekitar 20-25 cm dan diameter 2,0-3,5 cm dengan ruas-ruas pendek. Daun nanas panjang, sekitar 130-150 cm, lebar 3-5 cm, dan berduri tajam, ada juga daun nanas yang tidak berduri. Setiap batang memiliki 70-80 helai daun. Bunga majemuk muncul di ujung batang, bersifat hemaprodit, dan berkembang dari dasar ke atas dalam waktu 10-20 hari. Waktu dari penanaman hingga pembentukan bunga adalah 6-16 bulan (Sundari, 2020).

## **2.2 Proses dan Penyebab Kekerasan Tanah (Kompaksi)**

Kompaksi tanah adalah proses densifikasi atau pemanjatan tanah dimana porositas dan permeabilitas tanah menurun, serta kekuatan tanah meningkat (Soane dan Ouwerkerk, 1994). Menurut Hillel (1982) tanah atau lapisan tanah mengalami kompaksi jika total porositas, terutama pori yang diisi dengan udara sangat rendah sehingga menghambat aerasi, penetrasi akar dan drainase.

Menurut Soane dan Ouwerkerk (1994), proses kompaksi terjadi ketika tekanan diterapkan pada tanah yang rentan terhadap kompaksi. Tekanan ini bisa berasal dari penggunaan alat mekanisasi pertanian, beban yang dibawa oleh alat tersebut, serta penggunaan alat mekanisasi secara terus-menerus. Tanah kemudian merespons tekanan salah satunya mengalami kompaksi. Proses ini mempengaruhi karakteristik tanah, seperti peningkatan ketahanan terhadap penetrasi, peningkatan kerapatan isi, dan penurunan porositas total tanah.

Kompaksi tanah dipengaruhi oleh kadar air. Menurut Hillel (1980), konsistensi tanah dapat dibagi menjadi lima kategori: kering, lembab, basah, jenuh, dan sangat jenuh. Sifat tanah pada setiap kategori konsistensi adalah sebagai berikut: (1) pada konsistensi kering, tanah bersifat keras dan memiliki resistensi tinggi terhadap kompaksi; (2) pada konsistensi lembab, tanah bersifat gembur dan memiliki resistensi sedang terhadap kompaksi; (3) pada konsistensi basah, tanah bersifat plastis dan memiliki resistensi rendah terhadap kompaksi; (4) pada konsistensi jenuh, tanah bersifat lumpur dan memiliki resistensi tinggi terhadap kompaksi; dan (5) pada konsistensi sangat jenuh, tanah bersifat suspensi dan memiliki resistensi tinggi terhadap kompaksi (Marshall dan Holmes, 1988 dalam Afandi, 2010).

### **2.3 Pengaruh Pengolahan Tanah Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah**

Pengolahan tanah merupakan tindakan mekanik terhadap tanah yang ditunjukan untuk menyiapkan tempat persemaian, memberantas gulma, memperbaiki tanah untuk penetrasi akar, infiltrasi air dan peredaran udara serta menyiapkan tanah untuk irigasi permukaan. Pengolahan tanah juga ditujukan secara khusus seperti pengendalian gulma, menghilangkan sisa-sisa tanaman yang mengganggu permukaan tanah, pengendalian erosi, pencampuran pupuk, kapur dan pestisida ke dalam tanah (Hakim dkk, 1986).

Pengolahan tanah adalah langkah awal dalam budidaya pertanian. Proses ini harus dilakukan secara efektif dan efisien karena mempengaruhi kualitas tanah, waktu kerja, dan hasil produksi pertanian. Pengolahan tanah sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Suhardi (1983) pengolahan tanah akan memperbaiki sifat fisik tanah, sehingga dapat terjadinya sirkulasi udara yang baik, penyerapan air dan menjaga aktifitas biologi di dalam tanah. Apabila tanah memiliki keadaan fisik yang baik maka akan memudahkan pertumbuhan akar tanaman dalam menyerap air dan unsur hara. Pengolahan tanah yang dilakukan PT. GGP berawal dari pencacahan tanaman nanas, pembajakan, *subsoiling*, *Harrowing*, Pembuatan guludan dan terakhir pembuatan saluran drainase.

Pembajakan termasuk dalam salah satu tahapan pengolahan tanah. Pembajakan dilakukan bertujuan untuk memotong, membalikkan, pemecahan tanah serta pemberanaman sisa-sisa tanaman ke dalam (Hardjosentono dkk, 1996). Dalam proses pembajakan alat yang digunakan yaitu *moldboard*. Sedangkan pencacahan tanaman nanas (*chopping*) bertujuan untuk menghaluskan tanaman nanas agar mudah terdekomposisi. Alat yang digunakan pada saat pencacahan tanaman nanas yaitu *chopper*.

Menurut Sarief (1989), pengolahan tanah bertujuan untuk menciptakan struktur tanah yang optimal. Struktur tanah yang baik mampu menyediakan ruang pori yang memadai, memungkinkan agregat tanah terisi oleh air dan udara, sehingga stabil. Keuntungan dari pengolahan tanah meliputi pemecahan bongkahan tanah dan pencampuran bahan organik dengan tanah. Pengolahan tanah yang dilakukan saat tanah dalam kondisi lembab akan menghasilkan kondisi tanah yang ideal untuk pertumbuhan awal tanaman. Hasil penelitian Prihutomo, (2017) mengatakan bahwa pengolahan tanah dapat mengatasi permasalahan pemandatan tanah dengan menurunnya berat isi dan penetrasi tanah.

## **2.4 Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah**

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral, dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011).

Kotoran hewan yang berasal dari usaha tani antara lain adalah ayam, sapi, kerbau, babi, dan kambing. Komposisi hara pada masing-masing kotoran hewan sangat bervariasi tergantung pada umur hewan, jumlah, dan jenis makanannya. Secara

umum, kandungan hara dalam kotoran hewan lebih rendah dari pada pupuk anorganik. Oleh karena itu, dosis pemberian pupuk kandang jauh lebih besar dari pada pupuk anorganik. Selain sebagai sumber hara, pupuk organik berfungsi juga sebagai pemberi tanah. Pupuk kandang selain mengandung hara-hara yang dibutuhkan oleh tanaman juga mengandung asam-asam humat, fulvat, hormon tumbuh, dan lain-lain yang bersifat memacu pertumbuhan tanaman sehingga serapan hara oleh tanaman meningkat (Stevenson 1994).

Pupuk organik mampu meningkatkan ketersediaan hara tanah serta meningkatkan aktivitas mikroba dalam tanah sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah (Piaszczyk.,2017). Hara tersedia yang cukup bagi tanaman menunjang pertumbuhan vegetatif dan pertumbuhan generatif tanaman (Andalasari dkk, 2017), sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik dan proses pembungaan lebih cepat.

Pupuk organik yang diperkaya mikroba dapat digunakan untuk budidaya berbagai tanaman. Agensi hidup yang ditambahkan berupa *Trichoderma sp*, *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* Mikroba tersebut dapat berfungsi sebagai dekomposer bahan organik agar unsur hara tersedia bagi tanaman (Meena dan Meena, 2017), dan sebagai *plant growth promotor*. *Trichoderma sp* berfungsi untuk mempercepat proses dekomposisi karena termasuk dalam fungi ligninolitik yang memiliki kemampuan untuk memecah lignin. Unsur C yang terkandung dalam bahan organik akan dikembalikan ke tanah untuk memenuhi unsur hara tumbuhan karena adanya kemampuan mendekomposisi lignin (Valencia, 2017). Mikroba dapat mendukung pertumbuhan melalui mekanisme:1) menyediakan unsur hara dan hormon pertumbuhan; 2) melindungi tanaman dari stress lingkungan; dan 3) membantu mengendalikan patogen (Fraile dkk., 2015). Penambahan agensi hidup pada pembuatan pupuk organik dari kompos diharapkan dapat meningkatkan kualitas pupuk serta dapat mendukung pertumbuhan tanaman.

Peranan pupuk organik terhadap sifat fisika tanah antara lain adalah (a) memperbaiki struktur tanah karena bahan organik dapat “mengikat” partikel tanah menjadi agregat yang mantap, (b) memperbaiki distribusi ukuran pori tanah sehingga daya pegang air (*water holding capacity*) tanah menjadi lebih baik dan pergerakan udara (*aerase*) di dalam tanah juga menjadi lebih baik, dan (c) mengurangi (*buffer*) fluktuasi suhu tanah.

Bahan organik yang ditambahkan berpengaruh terhadap sifat fisik tanah yaitu merangsang granulasi, memperbaiki aerasi tanah dan meningkatkan porositas tanah. Porositas tanah merupakan ukuran yang menunjukkan bagian tanah yang tidak terisi bahan padat namun terisi oleh udara dan air.

## **2.5 Pengaruh Biochar Terhadap Tingkat Kekerasan Tanah (Kompaksi)**

Menurut Lehman dan Joseph (2009), biochar adalah produk yang kaya karbon yang dihasilkan ketika biomassa, seperti kayu, pupuk kandang, atau dedaunan, dipanaskan dalam ruang tertutup dengan sedikit atau tanpa udara. Arang hitam berpori biochar memiliki sifat dengan luas permukaan spesifik yang besar, kapasitas adsorpsi yang tinggi, biaya rendah, stabilitas yang kuat dan bersifat rekalsltran yaitu tidak mudah terdekomposisi (Situmeang, 2020).

Biochar memiliki keunggulan lebih resisten terhadap pelapukan dibanding dengan bahan organik hasil dekomposisi, sehingga mampu memulihkan lahan lahan pertanian yang terdegradasi. Selain itu pemanfaatan bahan organik dalam bentuk biochar merupakan tindakan yang dapat mendukung konservasi karbon tanah. Bahan-bahan yang sulit didekomposisi berupa limbah pertanian, mudah diperoleh dan potensinya cukup besar untuk dikonversi menjadi pembenah tanah, namun dalam penerapannya, diperlukan proses antara, yaitu pembakaran tidak sempurna (*phyrolysis*) sehingga diperoleh arang (biochar) untuk diaplikasikan ke dalam tanah (Mateus, 2017).

Santi dan Goenadi (2010) menyatakan bahwa biochar berfungsi sebagai pemberiah tanah dengan meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Biochar dapat menyediakan habitat yang baik bagi mikroba. Untuk meningkatkan kesuburan tanah, biochar sebaiknya dicampur merata di lapisan olah tanah atau ditempatkan dekat permukaan tanah di daerah perakaran, di mana siklus unsur hara dan penyerapan oleh tanaman terjadi. Biochar dalam tanah dapat memperbaiki stabilitas agregat, retensi air, dan siklus hara.

Bambu merupakan salah satu material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam produksi biochar karena memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi serta kapasitas tukar kation yang optimal. Kandungan kimia dalam bambu, seperti selulosa, lignin, dan hemiselulosa, berkontribusi terhadap kualitas biochar yang dihasilkan (Nurhayati, 2000). Selain itu, menurut Hua dkk. (2009), biochar yang berasal dari bambu memiliki struktur mikropori yang sangat halus, dengan tingkat efisiensi adsorpsi yang mencapai sekitar sepuluh kali lebih tinggi dibandingkan biochar dari kayu konvensional sehingga dapat digunakan sebagai tempat hidup mikroba dan menyebabkan stabilitas agregat.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penyiapan lahan, pengolahan tanah, aplikasi pupuk organik dan penanaman bibit nanas dilakukan pada bulan September-Desember 2023. Pengambilan sampel, pengamatan dan analisis tanah pada penelitian ini dilakukan bulan Desember 2023- Desember 2024.

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di PT *Great Giant Pineapple*, Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Analisis tanah dilakukan pada Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi penetrometer, sekop, kantong plastik, timbangan, satu set ayakan, kawat, buret, erlenmeyer, oven, *alumunium foil*, pH meter, tabung reaksi, label, alat tulis, buku tulis, dan *handphone*.

Bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain sampel tanah, pupuk organik GGP dengan komposisi (98,25% limbah kotoran sapi + 1,75% biochar bambu), pupuk organik premium GGP dengan komposisi (96,76% kompos+ 1,75% biochar + 1,5 % vermicompos), Biochar bambu dan bromelin, mikroba LOB antara lain: *Trichoderma*, *Bacillus* sp (MPF), *Pseudomonas* sp

(MPF), *Azospirillum* sp (N-fixer), *Azotobacter* dan *Pseudomonas*, biochar, aquades, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (Kalium dikromat), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Asam Sulfat).

### 3.3 Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Split Plot dengan 8 perlakuan, sebagai berikut :

Tabel 1. Perlakuan percobaan

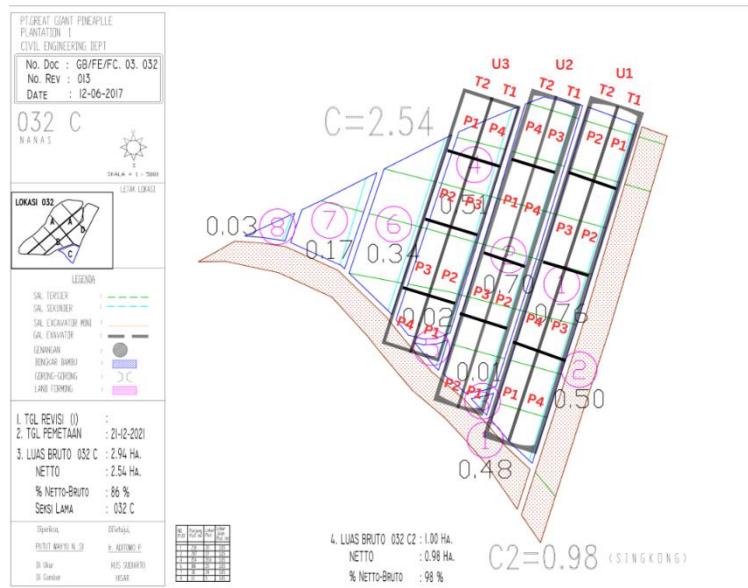
Perlakuan	Keterangan
<b>Petak utama</b>	
- T <sub>1</sub>	Bajak tanah kedalaman 30 cm + cacah seresah tanaman nanas 1 kali
- T <sub>2</sub>	Bajak tanah kedalaman 40 cm + cacah seresah tanaman nanas 2 kali
<b>Anak Petak</b>	
- P <sub>1</sub>	Pupuk organik GGP 50 ton/ha
- P <sub>2</sub>	Pupuk organik GGP 40 ton/ha + biochar 10 ton/ha
- P <sub>3</sub>	Pupuk organik premium GGP 50 ton/ha
- P <sub>4</sub>	Pupuk organik premium GGP 50 ton/ha+ mikroba LOB 40 L/ha

Tabel 2 .Kombinasi Perlakuan Petak Utama dan Anak Petak

Pengolahan	Pupuk Organik				
	Tanah	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
T <sub>1</sub>		T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> P <sub>4</sub>
T <sub>2</sub>		T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	T <sub>2</sub> P <sub>4</sub>

Pupuk organik yang digunakan adalah kotoran sapi, limbah ampas kulit nanas dan ampas bromelin. Biochar yang digunakan adalah cacahan bambu dan ampas bromelin. Total perlakuan yang digunakan 8 perlakuan, dengan 3 ulangan

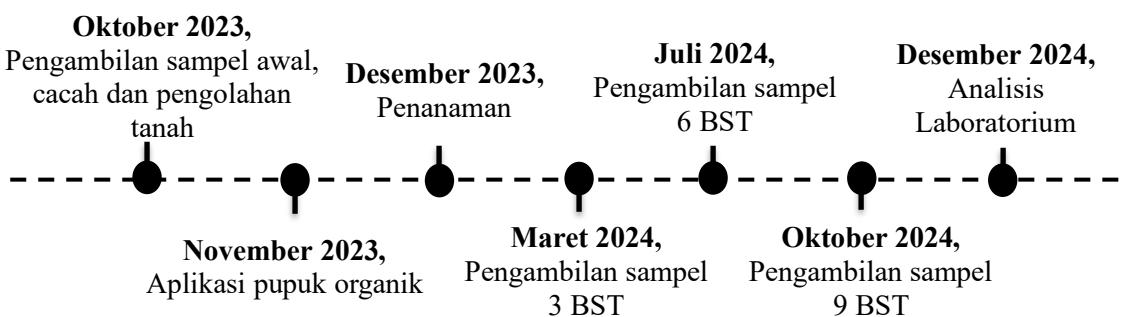
sehingga didapatkan sebanyak 24 satuan percobaan. Denah tata letak percobaan dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2 Tata letak percobaan

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Waktu Pelaksanaan Penelitian Aplikasi Pupuk Organik Diperkaya Mikroba Dan Biochar Pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah Dalam Menurunkan Tingkat Kekerasan Tanah Di Pertanaman Nanas, Lampung Tengah.

### **3.4.1 Penyiapan Lahan**

Pengolahan tanah di PT GGP memiliki beberapa tahapan. Pengolahan yang dilakukan yaitu cacah seresah tanaman nanas, *plowing* untuk membalikan tanah menggunakan *moldboard* dilanjut dengan, *subsoiling*, *rotary finishing* dan *ridging* untuk membuat guludan yang digunakan sebagai media tanam. Sebelum dilakukan pengolahan tanah dilakukan pengambilan sampel awal terlebih dahulu. Ukuran lahan percobaan pada ulangan 1 dan 2 yaitu 232m x 36,5m, sedangkan ukuran lahan pada ulangan 3 adalah 208m x 37m.

### **3.4.2 Aplikasi Pupuk Organik**

Setelah dilakukan pengolahan tanah selanjutnya pada awal bulan November 2023 dilakukan pencampuran pupuk organik dengan mikroba LOB dan diaplikasikan ke lahan pada akhir bulan November 2023. Pengaplikasian pupuk organik dilakukan secara manual dengan menggunakan metode palir.

### **3.4.3 Penanaman**

Penanaman dilakukan pada satuan petak percobaan dengan menggunakan bibit *sucker* ukuran sedang. Sebelum dilakukannya penanaman setiap bibit melalui proses *dipping*. Penanaman bibit nanas dilakukan dalam keadaan tegak agar dapat tumbuh dengan baik. Jarak antar plot perlakuan 0,2 m dan jarak tanam nanas yaitu 27,5 x 50 cm.

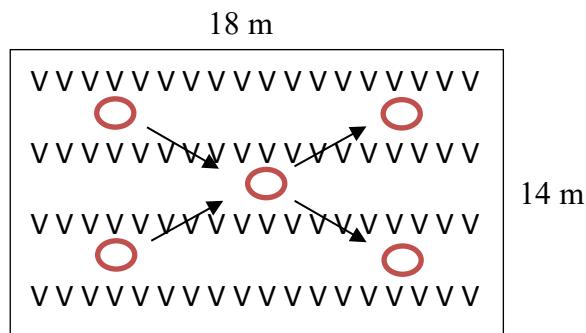
### **3.4.4 Pemeliharaan tanaman**

Pemeliharaan dilakukan dengan cara penyiraman, penyulaman, pemupukan, pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit. Dilakukan pula penyemprotan pupuk foliar hingga sampai tahap *forcing* dengan mengikuti standar budidaya tanaman (SBT) PT GGP. Pupuk yang digunakan yaitu Urea,

$\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ , yang dicampurkan dengan air dan diaplikasikan menggunakan dengan penyemprotan langsung ke tanaman.

### 3.4.5 Pengambilan Sampel Tanah dan Penetrometer

Pengambilan sampel tanah dan penetrometer dilakukan pada petak percobaan di PT *Great Giant Pineapple* Lampung Tengah. Pengambilan sampel tanah dan penetrometer dilakukan pada pengambilan sampel awal sebelum perlakuan, 3, 6 dan 9 bulan setelah tanam yaitu pada bulan Oktober 2023 sampai Oktober 2024. Sampel tanah digunakan untuk analisis tekstur, indeks dispersi, C-organik, ruang pori total dan kemantapan agregat. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan sekop dengan kedalaman 0-10 cm. Penetrometer digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan tanah pada petak percobaan. Pengambilan sampel tanah diambil sebanyak 5 titik secara diagonal disetiap petak percobaan lalu di kompositkan sehingga diperoleh 24 sampel tanah. Sedangkan pengambilan titik penetrometer diambil setiap petak percobaan sebanyak 5 titik secara mata dadu hingga kedalaman 90 cm.



Gambar 4. Skema Pengambilan Sampel Tanah dan Titik Penetrometer.

Keterangan: V = Tanaman nanas, O = Titik pengambilan sampel

### 3.5 Variabel Pengamatan

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

Tabel 3. Variabel Pengamatan Penelitian

No.	Variabel	Metode	Pengambilan Sampel
<b>1. Variabel utama</b>			
	Kekerasan Tanah	Penetrometer	Sebelum tanam, 3, 6 dan 9 BST
<b>2. Variabel pendukung</b>			
	Kemantapan agregat	Ayakan ganda	Sebelum tanam,
	Ruang Pori Total	Volumentrik	3, 6 dan 9 BST
	Indeks Dispersi	Perendaman dengan air	
	Tekstur Tanah	<i>Hydrometer</i>	
	C-organik	<i>Walkley and Black</i>	
<b>3 Variabel Pertumbuhan</b>			
	Berat Tanaman	Kuantitatif	3, 6 dan 9 BST
	Akar Tanaman	Kuantitatif	

Keterangan: BST (Bulan Setelah Tanam)

#### 3.5.1 Analisis Variabel utama

Variabel utama pada penelitian kekerasan tanah pada pertanaman nanas di PT *Great Giant Pineapple*, Lampung Tengah yaitu analisis penetrasi tanah, menggunakan penetrometer tangan yaitu digitalcone penetrometer jenis Daiki Penetrometer. Penetrometer terlebih dahulu ditegak luruskan dengan tanah, kemudian ditekan dengan tenaga yang kuat dan stabil sampai jarum penetrometer mencapai kedalaman 90cm apabila jarum penetrometer tidak mampu lagi untuk menembus lapisan tanah maka pengukuran dilakukan hanya sampai dengan kedalaman tanah yang mampu ditembus oleh jarum penetrometer. Dicatat

kekerasan tanah yang muncul pada layar digital penetrometer setiap kedalaman. Setelah itu data dibuat grafik berdasarkan batasan kekerasan tanah.

### **3.5.2 Variabel Pendukung**

#### a. Ruang Pori Total

Ruang pori tanah dihitung berdasarkan berat isi sampel tanah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RPT = \left(1 - \frac{BI}{BJ}\right) \times 100 \%$$

Keterangan:

BI = Berat isi

BJ = Berat Jenis

#### b. Indeks Dispersi

Indeks dispersi dengan metode dispersi agregat menggunakan perendaman air merupakan metode yang dikemukakan oleh Emerson (1959). Metode perendaman untuk menguji agregat tanah dapat dilakukan dengan menimbang agregat tanah kering udara sekitar 10 g, selanjutnya tanah tersebut dimasukkan ke dalam ayakan dengan ukuran diameter sekitar 50 mm yang diberi gantungan, kemudian celupkan tanah beserta ayakan tersebut ke dalam gelas yang telah diisi dengan air, setelah itu ditunggu sekitar 1 jam, dan goyang-goyangkan ayakan tersebut di dalam air sebentar, kemudian amati dan diangkat ayakan tersebut dari dalam air. Jika ada tanah yang tersisa, maka kering udarakan dan timbang. Klasifikasi indeks dispersi tanah berdasarkan Afandi (2019).

Tabel 4. Klasifikasi indeks dispersi tanah (%)

Terdispersi	Klasifikasi
Terdispersi Total	Tidak Mantap
Tersisa <25%	Kurang Mantap
Tersisa 25-50%	Agak Mantap
Tersisa 51-90%	Mantap
Tidak terdispersi atau 90% utuh	Sangat Mantap

### c. C-organik

Penetapan ketersediaan C-organik tanah dilakukan dengan metode *Walkley and black*. Prinsip analisis C-organik dengan metode Walkley and Black yaitu berdasarkan bahan organik yang mudah teroksidasi. Sampel tanah atau bahan organik dioksidasi dengan larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) dan ditambahkan asam sulfat pekat ( $H_2SO_4$ ). Proses oksidasi ini mengubah karbon organik menjadi karbon dioksida ( $CO_2$ ). sementara kalium dikromat berubah menjadi ion kromium ( $Cr^{3+}$ ). Sisa kalium dikromat yang tidak bereaksi kemudian diukur dengan titrasi balik menggunakan ferosulfat ( $FeSO_4$ ). Dari hasil titrasi ini, kadar C-organik dalam sampel bisa dihitung dengan rumus perhitungan: Klasifikasi penetapan bahan organik tanah berdasarkan balai penelitian tanah (2009) pada Tabel 5.

$$\%C\text{-organik} = \frac{(B-S) N FeSO_4}{mg \text{ sampel}} \times 3 \times 114 \times 100 \times MF$$

Keterangan:

- B = ml  $FeSO_4$  0,5 N untuk titrasi blanko
- S = ml  $FeSO_4$  0,5 N untuk titrasi sampel
- 3 = Berat Ekuivalen C dalam mg
- 1,14 = Faktor Oksidasi
- N  $FeSO_4$  = Normalisasi  $FeSO_4$ ,
- MF = *Moisture Factor*

Tabel 5. Klasifikasi C-organik (%) berdasarkan hasil penelitian tanah (2009).

Nilai bahan organik	Kriteria
<1	Sangat rendah
1-2	Rendah
2-3	Sedang
3-5	Tinggi
5	Sangat Tinggi

#### d. Tekstur tanah

Analisis tekstur tanah dilakukan dengan menggunakan metode hidrometer yang mengacu pada analisis nisbah dispersi tanah. Adapun perhitungan untuk metode hidrometer adalah sebagai berikut:

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

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

Faktor koreksi suhu (FK) untuk T1 dan T2 adalah

$$FK = 0,36 (\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}) \text{ atau}$$

$$FK = 0,2 (\text{TF}-67\text{ }^{\circ}\text{ F})$$

M<sub>p</sub> adalah berat kering tanah

$$M_p = M_wg / (1+w)$$

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

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

#### e. Kemantapan Agregat

Analisis kemantapan agregat tanah dilakukan dengan metode ayakan ganda (ayakan kering dan ayakan basah). Dasar metode ini adalah mencari perbedaan

rata - rata berat diameter agregat pada pengayakan kering dan pengayakan basah, metode pengayakan kering dan pengayakan basah merupakan suatu cara untuk menetapkan kemantapan agregat tanah (Rachman dan Abdurachman, 2006). Klasifikasi kriteria kemantapan agregat tanah ini terdapat pada buku Afandi (2019).

Tabel 6. Klasifikasi Kemantapan Agregat Tanah

Nilai	Interpretasi
>200	Sangat Mantap Sekali
80-200	Sangat Mantap
61-80	Mantap
50-60	Agak Mantap
40-50	Kurang Mantap
<40	Tidak Mantap

### 3.5.3 Variabel Pertumbuhan

Variabel pertumbuhan pada penelitian ini yaitu berat tanaman dan akar tanaman. Setiap petak percobaan dilakukan pengambilan sampel tanaman, setiap sampel yang diambil lalu dicuci bersih dan dilakukan penimbangan secara keseluruhan menggunakan timbangan. Lalu akar tanaman dihitung untuk melihat jumlah akar pada setiap tanaman.

### 3.6 Analisis Data

Data hasil percobaan yang diperoleh kemudian dianalisis. Analisis data dilakukan melalui uji homogenitas ragam menggunakan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi dilakukan analisis ragam menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Nilai hasil ragam yang menunjukkan perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5 %.

## **V SIMPULAN**

### **5.1 Simpulan**

Simpulan yang didapat dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Pengolahan bajak kedalaman 40 cm dan cacah seresah tanaman nanas 2 kali mampu menurunkan kekerasan tanah pada pertanaman nanas pada umur tanaman nanas 3, 6 dan 9 BST.
2. Pengaplikasian pupuk organik diperkaya mikroba dan biochar tidak dapat menurunkan kekerasan tanah, lebih optimal pemberian pupuk premium ( $P_3$ ) dalam menurunkan kekerasan tanah dan meningkatkan kemantapan agregat tanah.
3. Perlakuan  $T_2P_2$  efektif menurunkan tingkat kekerasan tanah pada umur 3 BST, sedangkan perlakuan  $T_2P_3$  menurunkan kekerasan tanah yang signifikan pada umur 6 dan 9 BST dibandingkan perlakuan lainnya.
4. Pengolahan tanah tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, pemberian pupuk organik + biochar ( $P_2$ ) terbukti berpengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman nanas, yang terlihat dari variabel berat tanaman pada umur 9 BST. Namun, pupuk organik tidak menunjukkan pengaruh terhadap jumlah akar tanaman nanas.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah untuk melanjutkan penelitian dalam jangka panjang hingga fase tanaman *ratoon*, guna melihat efektivitas pengolahan tanah menggunakan bajak kedalaman 40 cm dan pencacahan seresah tanaman sebanyak dua kali, yang telah terbukti mampu menurunkan tingkat kekerasan tanah hingga umur tanaman nanas 9 BST dan untuk melihat efektifitas pupuk organik yang diberikan apakah mampu memperbaiki sifat fisik tanah

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, F.R. dan Handayani, F. 2007. *Budidaya Pasca Panen Nanas*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Samarinda.
- Afandi, 2020. *Fisika Tanah*. CV. Anugrah Utama Raharja. Anggota IKAPI. Bandar Lampung. 163 hlm
- Afandi. 2010. *Panduan Pengamatan dan Interpretasi Sifat Fisik Tanah di Lapangan*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Agegnehu, G., dkk. 2017. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment*. 543: 295–306.
- Al-Musyafa, M. N., Afandi, A., dan Novpriansyah, H. 2016. Kajian Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Pertanaman Nanas (*Ananas Comosus L.*) Produksi Tinggi dan Rendah Di PT. Great Giant Pineapple Lampung Tengah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(1).
- Andalasari, T. D., Yafisham, Y., dan Nuraini, N. 2017. Respon pertumbuhan anggrek dendrobium terhadap jenis media tanam dan pupuk daun. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 14(3): 167-173.
- Asril, M., Nirwanto, Y., Purba, T., Rohman, L. M. H. F., Siahaan, A. S. A., Sitorus, E., dan Mazlina. 2022. *Ilmu Tanah*. Yayasan Kita Menulis.
- Badan Pusat dan Statistik. 2023. *Produksi Buah Provinsi Lampung 2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bhowmik, A., Kukal, S. S., dan Saha, D. 2021. Soil physical quality and maize productivity as influenced by deep tillage, residue management and green manure incorporation in a sandy loam soil of semi-arid tropics. *Soil and Tillage Research*. 206 : 104-815.

- Bintoro, A. 2019. Produksi seresah pada tegakan hutan di blok penelitian dan pendidikan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 1-8.
- Brady, N. C. 2010. Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Education
- Busscher, W. J., Bauer, P. J., Frederick, J. R., dan Novak, J. M. 2002. Deep tillage management for high strength southeastern soils. *Soil and Tillage Research*. 68(1): 15–27.
- Chen, L., Xu, J., Xu, Y., Lv, X., dan Cao, Y. 2021. Synergistic effects of organic manure and microbial inoculants on improving soil structure and reducing compaction in degraded farmland. *Geoderma*. 401: 115-307.
- Chen, X., Liu, J., Zhang, J., dan Huang, Q. 2021. Effects of subsoiling depth and organic amendment on soil physical properties and crop yield in compacted soils. *Soil and Tillage Research*. 205: 104-797.
- Cotrufo, M.F., Wallenstein, M.D., Boot, C.M., Denef, K., dan Paul, E. 2013. The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: Do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global Change Biology*. 19(4):988–995.
- Davies, S., Armstrong, R., Macdonald, L. M., Condon, J., dan Peterson, E. 2019. Soil constraints: a role for strategic deep tillage. In *Australian agriculture in 2020: from conservation to automation*. Australian Society of Agronomy.
- Djajakirana, G., dan Sumawinata, B. 2020. Damaged soil vs degraded soil: a brief note on the Government Regulation of Indonesia No. 4/2001. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 504 (1): 012-016.
- Fraile, P.G., Menendez, E., dan Rivas, R. 2015. Role of Bacterial Biofertilizers In Agriculture and Forestry. *AIMS Bioengineering*. 2(3): 183-205.
- Gulo, L. J. M., dan Waruwu, P. J. F. 2024. Hubungan Antara Kompaksi Tanah Dan Pertumbuhan Akar: Kajian Fisika Tanah Dalam Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(1): 59-64.

- Hairiah, K., dan Utami, S.R. 2000. Pengaruh ukuran bahan organik terhadap laju dekomposisi dan kandungan karbon tanah. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 18: 31–38.
- Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Lubis, A.M., Nugroho, S.G., Diha, M.A., Hong, G.B, Bailey, H.H. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. 488 hal.
- Han, Z., Wu, X., Gao, H., Jia, A., dan Gao, Q. 2025. Long-Term Conservation Tillage Increases Soil Organic Carbon Stability by Modulating Microbial Nutrient Limitations and Aggregate Protection. *Agronomy*. 15(7) :15-71.
- Hanafiah, K.A. 2014. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Hardjosentono, S., Arifin, A., dan Wibowo, A. 1996. *Teknik Pengolahan Tanah dan Alat-alat Bajak*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Hartatik, W., Husnain, H., dan Widowati, L. R. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 9(2) :140-352.
- Haura, J. 2021. Aplikasi Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Ligninolitik (*Trichoderma Sp.*) Pada Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai (*Capsicum annuum L.*). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hepton, A. 2003. Cultural system. In D.P. Bartholomew, R.E. Paull, dan K.G. Rohrbach (Eds.), *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI. 109–142.
- Herlis Oktaviano, R, 2008. *Aggregasi Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Sumberbrantas*. Universitas Brawijaya. Malang
- Hillel, D. 1980. *FundamentaTof Soil Physics*. Academic Press, Inc. New York.
- Hillel, D. 1982. *Introduction to soil physics*. Orlando. Academic Press Inc.
- Horn, R. dan Lebert, M. 1994. *Soil compactability and compressibility*. In: Soane B. D., Van Ouwerkerk C, editors. Soil compaction in crop production, Amsterdam: Elsevier Science & Technology. 45-69.

- Isnawati N Dan E Listyarini. 2018. *Hubungan Antara Kemantapan Agregat Dengan Konduktifitas Hidraulik Jenis Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Desa Tawang Sari Kecamatan Pujon Malang*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Jia, A., Song, X., Li, S., Liu, Z., Liu, X., Han, Z., dan Wang, G. 2024. Biochar enhances soil hydrological function by improving the pore structure of saline soil. *Agricultural Water Management*. 306: 109-170.
- Jien, S. H., & Wang, C. S. 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*. 110: 225-233.
- Keller, T., Colombi, T., Ruiz, S., Schymanski, S. J., Weisskopf, P., Koestel, J., dan Or, D. 2021. Soil structure recovery following compaction: Short-term evolution of soil physical properties in a loamy soil. *Soil Science Society of America Journal*. 85(4):1002-1020.
- Kees, G. 2005. *Hand-held electronic cone penetrometers for measuring soil strength*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Technology dan Development Program.
- Kumar, A., dkk. 2022. Influence of tillage depth on soil physical properties and maize productivity in sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*. 223:105-451.
- Lal, R., dan Shukla, M. K. 2004. *Principles of soil physics*. CRC Press.
- Lehmann, J. dan Joseph S. 2009. *Biochar for Environmental Management Sciense and Technology*. Earthscan in the UK and USA.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., dan Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota A review. *Soil Biology and Biochemistry*. 43(9) :1812–1836.
- Li, L., Guan, J., Chen, S., dan Zhang, X. 2022. Intermittent deep tillage on improving soil physical properties and crop performance in an intensive cropping system. *Agronomy*. 12(3) : 688.
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., dan Shak, K. P. Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: Overview, effects on soil and

- economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 95(6): 1143–1156.
- Listyarini, D., Refliaty, R., & Vasya, N. 2023. Aplikasi Bokashi Sekam Padi dan Kotoran Ayam Terhadap Perbaikan Kepadatan Ultisol dan Hasil Kedelai. *Fruitset Sains.* 11(1) : 74-84.
- Liu, Q., Wan, X., Chen, H., Wang, J., Sun, A., Dong, E., dan Jiao, X. 2025. Organic fertilization enhances temporal stability of rhizosphere soil microbiomes in a long-term sorghum field experiment. *Journal of Soils and Sediments.* 1-12.
- Madjid. 2010. *Sifat dan ciri tanah.* Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Mateus, R., Kantur, D., dan Moy, L. M. 2017. Pemanfaatan biochar limbah pertanian sebagai pemberah tanah untuk perbaikan kualitas tanah dan hasil jagung di lahan kering. *J. Agrotrop.* 7: 99-108.
- Mawardian, S., E. Husen. 2013. Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan NPK Terhadap Sifat Kimia Tanah Dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Padi Musim Tanam Ketiga. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Lahan.* 1(1): 16–23.
- Medeiros, J C, 2013. Deep subsoiling of a subsurface-compacted typical hapludult under citrus orchard. *R. Bras.* 37: 911-919.
- Meena, R. H., dan Meena, V. S. 2017. Effect of microbial inoculants on soil health and nutrient availability: A review. *Journal of Applied and Natural Science.* 9(1): 591–603.
- Nurhayati, T. 2000. Percobaan Pembuatan Arang Aktif dari Bambu. Penelitian Bambu Indonesia, Jakarta.
- Nweke, I. A., dan Nnabude, P. C. 2018. Soil quality and maize (*Zea mays* L.) yield under different tillage and poultry manure management practices in a tropical ultisol. *International Journal of Plant & Soil Science.* 22(6): 1–10.
- Pegoraro, R. F., Cardoso, G. R., Sampaio, R. A., Martins, A. F., Maia, V. M., dan Soares, V. A. S. F. 2024. Pineapple and Sorghum Litter Contribution for

- Nutrient Mineralization in a Cambisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 55(11) : 1564-1578.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011. *Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenah Tanah.* Lampiran I, Persyaratan Teknik Minimal Pupuk Organik Padat.
- Piaszczyk, W., Błońska, E., dan Lasota, J. 2017. Study on the effect of organic fertilizers on soil organic matter and enzyme activities of soiTin forest nursery. *Soil Science Annual.* 68(3): 125-131.
- Prasetya, B., Hanuf, A. A., Purwanti, N. K. D., dan Dethan, A. J. 2023. *Pengelolaan Lahan di Kebun Jeruk.* Universitas Brawijaya Press.
- Prihutomo, D. A. 2017. Pengaruh Pengolahan Tanah Terhadap Kepadatan Tanah Dan Produksi Tanaman Apel di Kusuma Agrowisata Batu. *Skripsi.* Universitas Brawijaya.
- PT.GGP. 2020. Sustainable Farming Development. <https://www.greatgiantfoods.com/id/>. Diakses Januari 2024.
- Purwakusuma, W., Yusuf, S. M., Wahjunie, E. D., Baskoro, D. P. T., Rahmawati, A. S., dan Raharjo, M. A. 2023. Infiltration rate, soil penetration resistance, and soil aggregate stability at pineapple plantation as a consequence of in situ resistance organic matter application. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 12-66.
- Saito M. dan Marumoto. 2002. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: The status quo in Japan and the future prospects. *Plant and Soil.* 244: 273–279.
- Santi L.P., dan Goenadi. 2010. *Pemanfaatan Biochar sebagai Pembawa Mikroba untuk Pemanfaatan Agregat Tanah Ultisol dari Taman Bogo-Lampung.* Balai Penelitian Biotehnologi Perkebunan Bogor.
- Sarieff, E.S. 1989. *Fisika Tanah Dasar.* Serial Publikasi Ilmu-Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran: Bandung. 120 Halaman.
- Sidabutar, B. A., Zurhalena, Z., dan Listyarini, D. 2024. *Pengaruh Kompos Lamtoro dan Biochar Tempurung Kelapa Terhadap Kepadatan Ultisol dan Hasil Kedelai.* Universitas Jambi. Jambi.

- Situmeang, I. Y. P. 2020. *Biochar Bambu Perbaiki Kualitas Tanah dan Hasil Jagung*. Scopindo Media Pustaka.
- Siwik-Ziomek, A., dan Figas, A. 2025. Soil Management For Sustainable Agriculturemas. *Agriculture*. 15(3) : 345.
- Six, J., Conant, R.T., Paul, E.A., dan Paustian, K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*. 241(2): 155–176
- Soane B. D., dan Van Ouwerkerk C. 1994. Soil Compaciton Problems In World Agriculture. In: Soane B. D., Van Ouwerkerk C, Editors. *Soil Compaction In Crop Production*, Amsterdam: Elsevier Science & Technology. 1-21
- Soedarya. 2009. *Agribisnis Nanas*. Cv Pustaka Grafika. Bandung.
- Sossa, E. L., Agbangba, C. E., Tovihoudji, P. G., Ayifimi, J. O., Bouko, B. D. N., Falolou, O. I. A., dan Amadji, G. L. 2025. Mineralization Dynamics of Pineapple Harvest Residues as Affected by Placement on Acrisoil in Benin. *Air; Soil and Water Research*. 18.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction*. New York: A Wiley-Internscience and Sons.
- Suhardi. 1983. *Dasar-dasar Bercocok Tanam*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sundari, I. 2020. *Karakteristik Morfologi Dan Kualitas Buah Tanaman Nanas (Ananas Comosus (L.) Merr.) LokaDi Kabupaten Siak*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Riau.
- Suryaningsih, E. 2008. Pengendalian penyakit sayuran yang ditanam dengan sistem budidaya mosaik pada pertanian periurban. *Jurnal Hortikultura*. 18(2): 200–211.
- Suthar, S. 2009. Vermicompost: Microbial status, nutrient composition and its impact on soil microflora. *Applied Ecology and Environmental Research*. 7(3):29–43.

- Thies, J. E., Rillig, M. C., dan Graber, E. R. 2015. Biochar effects on the abundance, activity and diversity of the soil biota. In *Biochar for environmental management*. Routledge.
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. *Pedoman Bertanam Buah Nanas*. Nuansa Aulia. Bandung.
- Tong, W., Deng, X., Xu, Z., Ma, E., Jin, Y., dan Li, J. 2016. Effect Of Plowing Depth On Soil Physical Characteristics And Spatial Distribution Of Root System Of Flue-Cured Tobacco. *Chinese Journal Of Eco-Agriculture*. 24(11): 1464-1472.
- Valencia, P.E., V.I. Meitiniarti. 2017. Isolasi dan Karakterisasi Jamur Ligninolitik Serta Perbandingan Kemampuannya dalam Biodelignifikasi. *Scripta Biologica*. 4(3): 171-175.
- Vargas, M. A. V., dan Silva, A. J. 2025. Comprehensive valorization of pineapple cultivation residues for high-value products: a global perspective review. *Revista Académica Arjé*. 8(1).
- Widodo, KH. 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.
- Widowati, L. R., Utomo, W. H., dan Budianta, D. 2013. Pengaruh biochar terhadap sifat kimia tanah dan hasil jagung (*Zea mays* L.) pada Ultisol Lampung. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 37: 63–72.
- Wolkowski R and B Lowery. 2008. *Soil Compaction: causes, concerns and cures*. University of Wisconsin
- Xu, G., Sun, J., Shao, H., dan Chang, S. X. 2020. Biochar had effects on soil physical properties, but did not improve ecosystem services in a forest soil. *Forest Ecology and Management*. 472: 118-256.
- Yulistyarini, T., Sukaedi, Y., dan Indriyani, M. 2013. *Agroforestri kopi dan pengaruhnya terhadap layanan ekosistem di daerah resapan air Krisik, Ngantang, Kabupaten Malang*. Prosiding Seminar Nasional Agroforestri.
- Zhang, Q., dkk. 2021. Effects of vermicompost and biochar on soil aggregation and microbial activity. *Applied Soil Ecology*. 165: 104-171.

Zhao, X., Li, Y., Wang, S., Sun, Z., dan Li, Z. 2022. Deep tillage combined with organic amendment improves soil structure and reduces compaction in dryland wheat fields. *Soil and Tillage Research.* 217: 105-292.

Zulkarnain M, B. Prasetya, Soemarno. 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. *Indonesian Green Technology Journal.* 2(1): 45–52