

**APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN *BIOCHAR*  
PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH DALAM  
MEMPENGARUHI NISBAH DISPERSI DI PERTANAMAN  
NANAS, LAMPUNG TENGAH**

**(Skripsi)**

Oleh

**VINA OKTAFIANA  
NPM 2114181050**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN *BIOCHAR*  
PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH DALAM  
MEMPENGARUHI NISBAH DISPERSI DI PERTANAMAN  
NANAS, LAMPUNG TENGAH**

**Oleh**

**VINA OKTAFIANA**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Ilmu Tanah  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



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

## **ABSTRAK**

### **APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN *BIOCHAR* PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH DALAM MEMPENGARUHI NISBAH DISPERSI DI PERTANAMAN NANAS, LAMPUNG TENGAH**

**Oleh**

**VINA OKTAFIANA**

Penurunan produksi nanas di Lampung Tengah berkaitan erat dengan menurunnya kualitas fisik tanah akibat pengolahan tanah yang terlalu intensif dan rendahnya kandungan bahan organik. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh aplikasi pengolahan tanah serta aplikasi pupuk organik berupa kompos terhadap nisbah dispersi tanah pada pertanaman nanas. Penelitian dilakukan di PT Great Giant Pineapple dan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan metode rancangan split plot dengan 8 perlakuan. Data dianalisis menggunakan uji homogenitas (Bartlett) dan aditivitas (Tukey). Jika asumsi terpenuhi, dilakukan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%. Hubungan antara mikroagregat, tekstur tanah, dan C-organik dengan nisbah dispersi dianalisis menggunakan uji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai nisbah dispersi tanah secara umum berada dalam kategori terdispersi sedang pada seluruh fase pengamatan kecuali pada fase pengamatan 3 BST di perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>. Meskipun tidak terdapat interaksi nyata antara pengolahan tanah dan jenis pupuk terhadap nisbah dispersi, perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> (bajak dalam 30 cm dan pencacahan satu kali dengan kompos GGP 40 Ton ha<sup>-1</sup> + *biochar* 10 Ton ha<sup>-1</sup> di lapang) menunjukkan kecenderungan paling konsisten dalam menurunkan nilai nisbah dispersi dari fase awal hingga akhir. Uji korelasi menunjukkan bahwa distribusi mikroagregat memiliki hubungan negatif signifikan terhadap nisbah dispersi, khususnya pada fase 6 BST, sementara C-organik tidak menunjukkan korelasi yang signifikan.

Kata kunci: Nisbah Dispersi, Pengolahan Tanah, Kompos GGP, *Biochar*, Tanaman Nanas.

## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF MICROBE-ENRICHED ORGANIC FERTILIZER AND BIOCHAR UNDER VARIOUS SOIL TILLAGE SYSTEMS AFFECTING DISPERSION RATIO IN PINEAPPLE PLANTATION, CENTRAL LAMPUNG**

**By**

**VINA OKTAFIANA**

The decline in pineapple production in Central Lampung is closely related to the deterioration of soil physical quality due to intensive tillage and low organic matter content. This study aimed to evaluate the effects of soil tillage systems and the application of organic fertilizers in the form of compost on the soil dispersion ratio in a pineapple plantation. The research was conducted at PT Great Giant Pineapple, and soil analysis was performed at the Soil Science Laboratory, University of Lampung. A split-plot design with 8 treatments was used. Data were analyzed using Bartlett's test for homogeneity and Tukey's test for additivity. If assumptions were met, analysis of variance (ANOVA) was conducted, followed by DMRT at a 5% significance level. The relationships between microaggregate distribution, soil texture, organic carbon content, and dispersion ratio were analyzed using correlation tests. The results showed that the soil dispersion ratio generally fell into the moderately dispersed category throughout all observation phases, except for the 3 BST phase in the  $T_1P_2$  treatment. Although no significant interaction was observed between tillage systems and fertilizer types on the dispersion ratio, the  $T_1P_2$  treatment (deep plowing at 30 cm and single chopping with GGP compost at 40 tons  $ha^{-1}$  + biochar at 10 tons  $ha^{-1}$  applied in the field) demonstrated the most consistent trend in reducing the dispersion ratio from the initial to the final phase. Correlation analysis revealed a significantly negative relationship between microaggregate distribution and dispersion ratio, particularly in the 6 BST phase, while organic carbon showed no significant correlation.

**Keywords:** Dispersion Ratio, Soil Tillage, GGP Compost, Biochar, Pineapple Plan

Judul Skripsi

: APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA  
MIKROBA DAN *BIOCHAR* PADA BERBAGAI  
SISTEM PENGOLAHAN TANAH DALAM  
MEMPENGARUHI NISBAH DISPERSI DI  
PERTANAMAN NANAS, LAMPUNG TENGAH

Nama Mahasiswa

: Vina Oktafiana

Nomor Pokok Mahasiswa

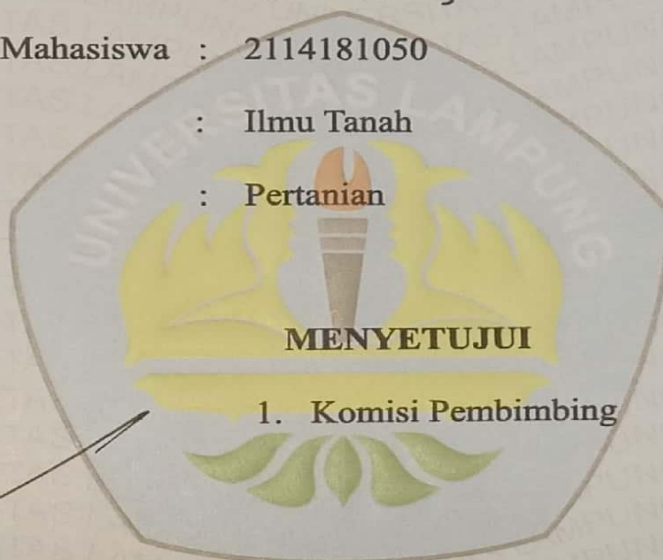
: 2114181050

Program Studi

: Ilmu Tanah

Fakultas

: Pertanian



Dr. Ir. Afandi, M.P.  
NIP. 19640402198803019

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

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

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

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

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

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

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

### 2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.  
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Juni 2025



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“APLIKASI PUPUK ORGANIK DIPERKAYA MIKROBA DAN *BIOCHAR* PADA BERBAGAI SISTEM PENGOLAHAN TANAH DALAM MEMPENGARUHI NISBAH DISPERSI DI PERTANAMAN NANAS, LAMPUNG TENGAH”** 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, 30 Juni 2025



Vina Oktafiana  
NPM 2114181050

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Metro, Lampung pada tanggal 12 Oktober 2002, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari Bapak Darmono dan Ibu Ismiyatun.

Pendidikan penulis dimulai dari Taman Kanak-kanak (TK) PKK 1 Yosodadi Metro Timur yang diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 4 Metro Timur pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPN 4 Metro pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 1 Metro pada tahun 2021.

Pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif menjadi asisten beberapa mata kuliah, seperti Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Fisika Tanah, Statistika Dasar, Kimia Tanah, Analisis Tanah Tanaman, Kimia Organik, dan Biologi Dasar. Selain menjadi asisten praktikum ataupun asisten dosen, selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di beberapa organisasi, seperti Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Unila (Gamatala) sebagai Anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan periode 2023 dan menjabat sebagai Sekretaris Umum Gamatala pada periode 2024. Selain itu, pada awal tahun 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mesir Udik, Way Kanan 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 “Aplikasi Pupuk Organik diperkaya Mikroba dan *Biochar* pada Berbagai Sistem Pengolahan Tanah dalam Mempengaruhi Nisbah Dispersi di Pertanaman Nanas, Lampung Tengah” 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. Ibu Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan masukan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

6. *Alm.* Bapak Dr. Ir. Didin Wiharso, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dari semester 3 sampai dengan semester 7 terimakasih telah meluangkan waktu, nasihat, saran dan arahan selama perkuliahan. Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan *Al-fatihah*.
7. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan motivasi selama penulis melaksanakan perkuliahan.
8. 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.
9. PT Great Giant Pineapple terimakasih atas dukungan pelaksanaan penelitian ini.
10. Untuk dua bintang terindah dalam hidupku, Bapak Darmono dan Ibu Ismiyatun. Alhamdulillah, atas kasih sayang dan doa yang tak pernah terputus, akhirnya adek dapat menyelesaikan skripsi ini. Ini bukan sekadar karya tulis, tetapi wujud kecil dari pengorbanan besar yang kalian curahkan sepanjang hidupku. Terima kasih selalu memberikan motivasi, materi, doa, serta menjadi pendengar, sehingga menjadi kekuatan terbesar bagi penulis. Skripsi ini hanyalah secarik kertas di antara ribuan harapan yang kalian gantungkan di langit malam. Semoga suatu hari nanti, adek mampu menjadi anak yang dapat membalas setiap tetes keringat, air mata, dan cinta yang tak pernah lekang oleh waktu.
11. Kakakku terkasih Risti Darmayanti dan Rio Darmawan, S. Kom., serta kakak ipar ku Reynaldi dan Lia Safitri Yuniarti, S.Pd. yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
12. Keponakanku tersayang Rayn Djamel Ozora dan Rayaana Djamilia Ozora yang selalu menghibur dengan segala kelucuannya di saat penulis mengerjakan skripsi.
13. 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.

14. Mas Adi, Mba Eci, Mba Ellen terima kasih atas segala bantuan yang diberikan selama penulis melakukan analisis di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
15. Teman-teman satu tim penelitian (Mba Novri, Divani, Natasya, Julia) terima kasih atas kerja samanya dalam menjalankan penelitian di GGP Lokasi 32C.
16. Sahabatku tersayang Nopia Indriyani, terima kasih telah mendengarkan keluh kesah penulis, serta selalu memberikan semangat maupun motivasi terbaik.
17. Teman-teman ku “Perkantinan Reborn” (Atika, Asyel dan Shela), terima kasih banyak telah mendengarkan keluh kesah di saat penulis kesulitan mengerjakan skripsi ini, terima kasih telah *support* untuk tetap kuat dalam mengerjakan skripsi ini.
18. Teman-teman ku “Power Rangers” (Divani, Natasya, Julia, 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.
19. Rekan-rekan asisten mata kuliah DDIT (Natasya, Jupe, Dipa, Fariz, dan Nesa) terima kasih untuk semua bantuan dan canda tawa yang telah kita bagi bersama.
20. Teman-teman ku “KUY” (Shevhia, Rian, Afandi, Rahmad, Yusuf), terima kasih telah menjadi sumber tawa disaat penulis kelelahan dalam menulis skripsi.
21. Teman Presidium Gamatala periode 2024, terima kasih sudah menjadi tempat keluh kesah, sumber tawa, serta pengalaman yang berharga yang telah diberikan
22. Teman-teman Jurusan Ilmu Tanah angkatan 2021 serta semua pihak yang telah membantu, memberikan semangat, doa selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, 30 Juni 2025  
Penulis,

**Vina Oktafiana**

## MOTTO

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”  
Q.S: Al-Insyirah ayat 6

Perang telah usai, aku bisa pulang  
Kubaringkan panah dan berteriak MENANG”  
(Nadin Amizah)

Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, angan dan pertanyaan waktu yang  
menjawabnya, berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu  
sebagai manusia  
(Baskara Putra – Hindia)

*Push your limit*  
(Vina Oktafiana)

## DAFTAR ISI

Halaman

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                   | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                  | <b>ix</b>  |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>                                 | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                    | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                   | 4          |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                  | 4          |
| 1.4 Kerangka Pemikiran.....                                 | 4          |
| 1.5 Hipotesis.....                                          | 14         |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                           | <b>15</b>  |
| 2.1 Degradasi Tanah .....                                   | 15         |
| 2.2 Pengolahan Tanah di Perkebunan Nanas.....               | 16         |
| 2.2.1 Jenis Alat Pengolahan Tanah di Perkebunan Nanas ..... | 17         |
| 2.3 Nisbah Dispersi .....                                   | 18         |
| 2.3.1 Tekstur Tanah .....                                   | 20         |
| 2.3.2 Bahan Organik.....                                    | 22         |
| 2.3.4 Distribusi Mikroagregat .....                         | 22         |
| 2.5 Pupuk Organik.....                                      | 24         |
| 2.5.1 Kompos GGP .....                                      | 24         |
| 2.5.2 Kompos Premium GGP.....                               | 26         |
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                      | <b>31</b>  |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                                  | 31         |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                                    | 31         |
| 3.3 Metode Penelitian.....                                  | 32         |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian .....                            | 34         |
| 3.4.1 Persiapan Lahan.....                                  | 34         |
| 3.4.2 Aplikasi Pupuk.....                                   | 34         |
| 3.4.3 Penanaman .....                                       | 34         |



|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.4 Pemeliharaan Tanaman .....                                                                                                          | 35        |
| 3.4.5 Pengambilan Sampel Tanah .....                                                                                                      | 35        |
| 3.5 Variabel Pengamatan .....                                                                                                             | 36        |
| 3.5.1 Analisis Variabel Utama .....                                                                                                       | 36        |
| 3.5.2 Analisis Variabel Pendukung.....                                                                                                    | 39        |
| 3.6 Analisis Data .....                                                                                                                   | 42        |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                                                                     | <b>43</b> |
| 4.1 Analisis Sampel Tanah Awal .....                                                                                                      | 43        |
| 4.2 Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Setelah Apikasi Pupuk<br>Organik diperkaya Mikroba, <i>Biochar</i> , dan Pengolahan Tanah. .... | 44        |
| 4.2.1 Perubahan Nisbah Dispersi Tanah Setelah Apikasi Pupuk<br>Organik diperkaya Mikroba, <i>Biochar</i> , dan Pengolahan Tanah. ....     | 44        |
| 4.2.2 Perubahan Distribusi Mikroagregat Setelah Apikasi Pupuk<br>Organik diperkaya Mikroba, <i>Biochar</i> , dan Pengolahan Tanah. ....   | 48        |
| 4.2.3 Perubahan Tekstur Tanah Setelah Apikasi Pupuk Organik<br>diperkaya Mikroba, <i>Biochar</i> , dan Pengolahan Tanah. ....             | 52        |
| 4.2.4 Perubahan C-organik Setelah Apikasi Pupuk Organik diperkaya<br>Mikroba, <i>Biochar</i> , dan Pengolahan Tanah.....                  | 55        |
| 4.2.5 Uji Korelasi antara Distribusi Mikroagregat dan C-organik<br>Terhadap Nisbah Dispersi .....                                         | 61        |
| <b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                                                                                         | <b>43</b> |
| 5.1 Simpulan.....                                                                                                                         | 43        |
| 5.2 Saran.....                                                                                                                            | 43        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                                                                | <b>45</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                                                                                      | <b>74</b> |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                                                                                                       | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Rancangan Perlakuan dalam Penelitian dengan Metode Rancangan Split-Plot ..                                                                               | 32      |
| 2. Interaksi perlakuan pengolahan tanah (T) dan kompos (P). .....                                                                                           | 33      |
| 3. Variabel pengamatan penelitian. ....                                                                                                                     | 36      |
| 4. Interpretasi data nisbah dispersi (Elges, 1985 dalam Afandi, 2019).....                                                                                  | 39      |
| 5. Kriteria nilai kandungan C-organik tanah. ....                                                                                                           | 42      |
| 6. Analisis sampel tanah awal .....                                                                                                                         | 43      |
| 7. Perubahan nisbah dispersi tanah akibat aplikasi pupuk organik, <i>biochar</i> , dan pengolahan tanah pada tanaman nanas .....                            | 45      |
| 8. Ringkasan analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik, <i>biochar</i> , dan pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada tanaman nanas .....        | 47      |
| 9. Ringkasan analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik, <i>biochar</i> , dan pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada tanaman nanas..... | 52      |
| 10. Perubahan tekstur tanah akibat aplikasi pupuk organik, <i>biochar</i> , dan pengolahan tanah pada tanaman nanas .....                                   | 54      |
| 11. Ringkasan analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik, <i>biochar</i> , dan pengolahan tanah terhadap C-organik pada tanaman nanas .....             | 58      |
| 12. Interaksi aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 3 BST pada tanaman nanas .....     | 59      |
| 13. Uji korelasi antara distribusi mikroagregat dan C-organik terhadap nisbah dispersi pada tanaman nanas .....                                             | 61      |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 14. Nilai faktor koreksi 1 (3 BST) .....                                            | 75 |
| 15. Nilai faktor koreksi 1 (3 BST) .....                                            | 76 |
| 16. Nilai faktor koreksi 2 (3 BST) .....                                            | 77 |
| 17. Nilai faktor koreksi 2 (3 BST) .....                                            | 78 |
| 18. Nilai faktor koreksi 1 (6 BST) .....                                            | 79 |
| 19. Nilai faktor koreksi 1 (6 BST) .....                                            | 80 |
| 20. Nilai faktor koreksi 2 (6 BST) .....                                            | 81 |
| 21. Nilai faktor koreksi 2 (6 BST) .....                                            | 82 |
| 22. Nilai faktor koreksi 1 (9 BST) .....                                            | 83 |
| 23. Nilai faktor koreksi 1 (9 BST) .....                                            | 84 |
| 24. Nilai faktor koreksi 2 (9 BST) .....                                            | 85 |
| 25. Nilai faktor koreksi 2 (9 BST) .....                                            | 86 |
| 26. Nilai faktor koreksi 1 (0 BST) .....                                            | 87 |
| 27. Nilai faktor koreksi 1 (0 BST) .....                                            | 87 |
| 28. Nilai faktor koreksi 2 (0 BST) .....                                            | 87 |
| 29. Nilai faktor koreksi 2 (0 BST) .....                                            | 88 |
| 30. Nilai tekstur tanah 9 BST dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ....   | 89 |
| 31. Nilai tekstur tanah 9 BST dengan penambahan air. ....                           | 90 |
| 32. Nilai tekstur tanah 6 BST dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ....   | 91 |
| 33. Nilai tekstur tanah 6 BST dengan penambahan air. ....                           | 92 |
| 34. Nilai tekstur tanah 3 BST dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ....   | 93 |
| 35. Nilai tekstur tanah 3 BST dengan penambahan air. ....                           | 94 |
| 36. Nilai tekstur tanah 0 bulan dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . .... | 95 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 37. Nilai tekstur tanah 0 bulan dengan penambahan air.....                          | 95  |
| 38. Nilai nisbah dispersi 3 BST.....                                                | 96  |
| 39. Nilai nisbah dispersi 6 BST.....                                                | 97  |
| 40. Nilai nisbah dispersi 9 BST.....                                                | 98  |
| 41. Nilai nisbah dispersi 0 bulan .....                                             | 99  |
| 42. Nilai distribusi mikroagregat 0 bulan.....                                      | 99  |
| 43. Nilai distribusi mikroagregat 3 BST .....                                       | 100 |
| 44. Nilai distribusi mikroagregat 6 BST .....                                       | 101 |
| 45. Nilai distribusi mikroagregat 9 BST .....                                       | 102 |
| 46. Kadar air 3 BST .....                                                           | 103 |
| 47. Kadar air 6 BST .....                                                           | 104 |
| 48. Kadar air 9 BST .....                                                           | 105 |
| 49. Kadar air 0 BST .....                                                           | 106 |
| 50. Berat kering tanah 0 BST (Air).....                                             | 106 |
| 51. Berat kering tanah 0 BST ( <i>Calgon</i> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )..... | 107 |
| 52. Berat kering tanah 3 BST (Air).....                                             | 108 |
| 53. Berat kering tanah 3 BST ( <i>Calgon</i> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )..... | 109 |
| 54. Berat kering tanah 3 BST ( <i>Calgon</i> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )..... | 110 |
| 55. Berat kering tanah 6 BST ( <i>Calgon</i> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )..... | 111 |
| 56. Berat kering tanah 9 BST (Air).....                                             | 112 |
| 57. Berat kering tanah 9 BST ( <i>Calgon</i> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )..... | 113 |
| 58. Nilai C-organik.....                                                            | 114 |
| 59. Nilai rata-rata tekstur tanah 0 bulan dengan penambahan air. ....               | 115 |

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 60. Nilai Rata-rata Tekstur Tanah 3 BST dengan Penambahan Air. ....                                                                                          | 115 |
| 61. Nilai rata-rata tekstur tanah 6 BST dengan penambahan air. ....                                                                                          | 115 |
| 62. Nilai rata-rata tekstur tanah 9 bst dengan penambahan air. ....                                                                                          | 116 |
| 63. Nilai rata-rata tekstur tanah 0 bulan dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ...                                                                 | 116 |
| 64. Nilai rata-rata tekstur tanah 3 BST dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ....                                                                  | 116 |
| 65. Nilai rata-rata tekstur tanah 6 BST dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ....                                                                  | 117 |
| 66. Nilai rata-rata tekstur tanah 9 BST dengan penambahan <i>calgon</i> dan $H_2O_2$ . ....                                                                  | 117 |
| 67. Nilai rata-rata nisbah dispersi 0 bulan. ....                                                                                                            | 118 |
| 68. Nilai rata-rata nisbah dispersi 3 BST. ....                                                                                                              | 118 |
| 69. Nilai rata-rata nisbah dispersi 6 BST. ....                                                                                                              | 119 |
| 70. Nilai rata-rata nisbah dispersi 9 BST. ....                                                                                                              | 120 |
| 71. Nilai rata-rata distribusi mikroagregat 0 bulan. ....                                                                                                    | 121 |
| 72. Nilai rata-rata distribusi mikroagregat 3 BST. ....                                                                                                      | 121 |
| 73. Nilai rata-rata distribusi mikroagregat 6 BST. ....                                                                                                      | 121 |
| 74. Nilai rata-rata distribusi mikroagregat 9 BST. ....                                                                                                      | 122 |
| 75. Nilai rata-rata C-organik. ....                                                                                                                          | 122 |
| 76. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta<br>pengolahan tanah terhadap C-organik pada 3 BST. ....                       | 123 |
| 77. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba<br>dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 3 BST. .... | 123 |
| 78. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba<br>dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 3 BST. ....  | 124 |
| 79. Hasil uji lanjut pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan<br><i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 3 BST. ....      | 124 |

|                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 80. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 6 BST. ....                             | 125 |
| 81. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 6 BST.....        | 125 |
| 82. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 6 BST.....         | 126 |
| 83. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 9 BST. ....                             | 126 |
| 84. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 9 BST.....        | 127 |
| 85. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap C-organik pada 9 BST.....         | 127 |
| 86. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 3 BST.....                        | 128 |
| 87. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 3 BST. .... | 128 |
| 88. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 3 BST. ....  | 129 |
| 89. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 6 BST.....                        | 129 |
| 90. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 6 BST. .... | 130 |
| 91. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 6 BST. ....  | 130 |
| 92. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 9 BST.....                        | 131 |
| 93. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 9 BST. .... | 131 |
| 94. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap nisbah dispersi pada 9 BST. ....  | 132 |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 95. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 3 BST. ....                        | 132 |
| 96. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 3 BST. ....  | 133 |
| 97. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 3 BST. ....   | 134 |
| 98. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 6 BST. ....                        | 134 |
| 99. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 6 BST. ....  | 135 |
| 100. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 6 BST. ....  | 136 |
| 101. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 9 BST. ....                       | 136 |
| 102. Hasil uji homogenitas pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 6 BST. .... | 137 |
| 103. Hasil analisis ragam pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> serta pengolahan tanah terhadap distribusi mikroagregat pada 9 BST. ....  | 138 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                                                                                                                                | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Bagan alir kerangka pemikiran aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan <i>biochar</i> pada berbagai sistem pengolahan tanah dalam mempengaruhi nisbah dispersi tanah di pertanaman nanas, Lampung Tengah. .... | 13      |
| 2. Interaksi agen peristen dengan liat melalui adsorpsi dan jembatan kation (Tisdall dan Oades, 1982).....                                                                                                            | 19      |
| 3. Segitiga tekstur tanah sistem USDA.....                                                                                                                                                                            | 21      |
| 4. Tata letak percobaan aplikasi kompos.....                                                                                                                                                                          | 33      |
| 5. Dinamika distribusi mikroagregat pada setiap perlakuan yang berbeda pada setiap fase pengamatan pada tanaman nanas.....                                                                                            | 48      |
| 6. Dinamika C-organik pada setiap perlakuan yang berbeda pada setiap fase pengamatan.....                                                                                                                             | 55      |
| 7. Grafik regresi nisbah dispersi terhadap distribusi mikroagregat pada fase 6 BST pada tanaman nanas.....                                                                                                            | 62      |
| 8. Grafik persentase sebaran nisbah dispersi dan distribusi mikroagregat.....                                                                                                                                         | 138     |
| 9. Grafik eror nisbah dispersi.....                                                                                                                                                                                   | 139     |
| 10. Grafik eror distribusi mikroagregat.....                                                                                                                                                                          | 139     |
| 11. Grafik eror C-organik.....                                                                                                                                                                                        | 140     |



## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Menurut Badan Pusat Statistik, Provinsi Lampung mencatat penurunan produksi nanas pada tahun 2023 (722.846 Ton) dibandingkan tahun 2022 (861.705 Ton). Penurunan produksi ini diduga berkaitan dengan penggunaan pupuk anorganik secara terus – menerus tanpa diimbangi dengan bahan organik. Pemberian pupuk anorganik secara terus-menerus tanpa pupuk organik dapat menyebabkan ketidakseimbangan status hara tanah, kemantapan agregat tanah menurun dan organisme tanah menurun (Murnita dan Taher, 2021). Kondisi ini menunjukkan gejala awal degradasi tanah, khususnya dari sisi kualitas kimia dan biologi tanah. Sifat fisik yang tidak mendukung tanaman mampu menurunkan pertumbuhan tanaman. Apabila sifat fisik tanah menurun akan mempengaruhi perkembangan akar tanaman sehingga akar sulit menembus tanah dan menyerap unsur hara di dalam tanah. Rendahnya produksi nanas, selain intensifnya penggunaan pupuk kimia, pengolahan tanah yang intensif dapat mendukung dari permasalahan ini (Ramadhani dkk., 2022).

Pengolahan tanah yang intensif dalam jangka Panjang dapat memicu degradasi fisik tanah seperti pemadatan yang meningkatkan densitas tanah dan mengurangi porositasnya. Kondisi tersebut menghambat infiltrasi air dan pertukaran udara di dalam tanah, sehingga merusak agregat tanah dan membatasi perkembangan akar tanaman. Kompaksi tanah akibat alat berat juga mengakibatkan penurunan kestabilan agregat yang penting untuk menjaga kesehatan tanah dan struktur tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman jangka panjang (Panagea dkk., 2022).

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas fisik tanah, khususnya dalam hal stabilitas agregat yaitu nisbah dispersi. Nisbah dispersi tanah adalah perbandingan atau nisbah dari kadar debu dan liat yang tidak terdispersi dengan kadar debu dan liat yang terdispersi. Nilai nisbah dispersi yang tinggi menunjukkan bahwa agregat tanah mudah pecah menjadi partikel – partikel kecil ketika terkena air yang menandakan rendahnya kestabilan agregat tanah. Sebaliknya, nilai nisbah dispersi yang rendah menunjukkan bahwa agregat tanah stabil dan tahan terhadap proses dispersi yang berarti kondisi tanah lebih subur dan mendukung pertumbuhan tanaman (Umam dkk., 2022).

Upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat fisik tanah yaitu dengan pengolahan tanah yang tepat. Pengolahan bajak dalam yang tepat dapat membantu meningkatkan kemantapan agregat tanah dan menurunkan nilai nisbah dispersi. Berdasarkan hasil penelitian Nizatillah dkk., (2019) kedalaman bajak 30 cm menghasilkan agregat yang lebih tinggi (62,18%) dibandingkan dengan kedalaman 20 cm (61,12%). Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam pembajakan, semakin baik ketahanan tanah terhadap dispersi. Selain itu, pembajakan dalam berfungsi untuk memotong, membalikkan, memecah agregat tanah serta membenamkan sisa – sisa tanaman ke dalam tanah. Proses membenamkan sisa tanaman bertujuan untuk mengembalikan bahan organik tanah yang akan terurai dan meningkatkan kesuburan tanah serta memperbaiki struktur tanah dengan memperkuat agregat dan menjaga stabilitasnya (Artawan dkk., 2019). Selain pembajakan tanah, pencacahan tanaman nanas pada tanah mampu memberikan bahan organik tanah. Proses pencacahan juga mempercepat dekomposisi bahan organik yang mendukung pembentukan agregat yang stabil. Intensitas pencacahan juga akan mempengaruhi nisbah dispersi didalam tanah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diterapkan dua perlakuan yang mengombinasikan pembajakan dan pencacahan yaitu: T<sub>1</sub> (bajak tanah kedalaman 30 cm + pencacahan tanaman nanas satu kali) dan T<sub>2</sub> (bajak tanah kedalaman 40 cm + pencacahan tanaman nanas dua kali). Kombinasi perlakuan tersebut diharapkan dapat meningkatkan stabilitas agregat serta menurunkan nisbah dispersi.

Menurut Arsyad (2010), penggunaan bahan organik yang berasal dari tanaman dapat diketahui mengikat agregat lebih kuat dan dapat memperbaiki sifat fisik tanah. Bahan organik yang berasal dari tanaman memiliki sifat sebagai pembenah tanah. Selain itu, salah satu cara untuk menambah bahan organik tanah yaitu menggunakan pupuk organik berupa kompos kotoran sapi. Kandungan N pada kotoran sapi adalah 1,68% dan kandungan C pada kotoran sapi adalah 21,60%. C/N ratio pada kotoran sapi yaitu 12,86 (Cahyono dkk., 2020). Salah satu kelemahan kompos kotoran sapi adalah ketidakmampuannya mempertahankan ketersediaan unsur hara dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan penambahan mikroba dan *biochar* yang berperan dalam memperbaiki efisiensi pelepasan hara serta meningkatkan kualitas kompos. Penambahan mikroba seperti *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Beauveria* sp., dan *Pseudomonas* sp. Mikroorganisme dalam kompos memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan meningkatkan aerasi tanah yang penting untuk pertumbuhan akar tanaman (Bawamenewi dan Lase 2025). Penggunaan mikroorganisme dalam pengolahan limbah pertanian dapat meningkatkan kadar hara di dalam tanah, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang sangat penting untuk mendorong pertumbuhan tanaman yang sehat.

Selain itu, perlu adanya penambahan *biochar* untuk menambah unsur hara. Penambahan *biochar* berbahan dasar bambu memiliki kandungan karbon yang tinggi, struktur pori-pori yang besar sebagai tempat tinggal mikroba dan kemampuan penyerapan tinggi yang dapat membantu meningkatkan retensi air dan hara di dalam tanah, serta mengurangi kehilangan unsur hara melalui pencucian. *Biochar* juga dapat meningkatkan pH tanah yang bertujuan untuk mengurangi stress akibat tanah asam pada tanaman nanas (Chaturvedi dkk., 2024). Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* serta pengaplikasian pengolahan tanah mampu menurunkan nisbah dispersi untuk meningkatkan kesuburan tanah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah pengolahan tanah bajak dalam mampu mempengaruhi nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas?
2. Apakah aplikasi pupuk kompos yang diperkaya mikroba dan *biochar* mampu mempengaruhi nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas?
3. Apakah interaksi antara pengolahan tanah dan pupuk kompos yang diperkaya mikroba mampu mempengaruhi nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pengolahan tanah bajak dalam mampu mempengaruhi terhadap nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas.
2. Mengetahui pengaruh aplikasi pupuk kompos yang diperkaya mikroba dan *biochar* terhadap nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas.
3. Mengetahui interaksi antara pengolahan tanah dan pupuk kompos yang diperkaya mikroba terhadap nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa produksi nanas pada tahun 2023 (722.846 Ton) mengalami penurunan dibandingkan dengan produksi di tahun 2022 yaitu sebesar (861.705 Ton). Penurunan produksi nanas tersebut dapat disebabkan oleh pengolahan tanah yang intensif. Pengolahan tanah intensif dalam jangka waktu yang lama akan menurunkan kualitas sifat fisik tanah diantaranya agregat tanah yang tidak stabil sehingga nilai nisbah dispersi cenderung tinggi, porositas dan kandungan air tanah rendah, bobot isi tanah menjadi lebih tinggi, dan tanah menjadi lebih padat (Solyati dan Kusuma, 2017).

Praktik pengolahan tanah yang intensif di PT Great Giant Pineapple (GGP) telah diamati menyebabkan peningkatan kerapatan isi tanah dan penurunan porositas, yang berujung pada menurunnya kapasitas infiltrasi air serta kemampuan tanah menahan air. Kondisi ini dapat menghambat pertumbuhan akar dan mengurangi ketersediaan air serta nutrisi bagi tanaman nanas, sehingga menurunkan produktivitasnya (Al Musyafa, 2016). Dalam penelitiannya juga, Al-Musyafa (2016) menyimpulkan bahwa lahan dengan produksi nanas rendah memiliki kerapatan isi tanah yang lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah dibandingkan lahan dengan produksi tinggi. Hal tersebut menyebutkan bahwa pengolahan tanah yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah dan meningkatkan dispersi tanah yang pada akhirnya menurunkan produktivitas tanaman.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Jambak dkk., (2017), menyatakan bahwa pengolahan tanah secara intensif menghasilkan agregat tanah dengan ukuran  $> 2$  mm pada kedalaman 0-20 cm dan 20-40 cm yang lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan tanah konservasi, dengan masing-masing nilai sebesar 29,10% dan 11,38%. Hal ini terjadi karena pengolahan yang dilakukan secara menyeluruh dengan membolak-balikkan tanah merusak struktur tanah, mengganggu aktivitas mikroba tanah yang berperan dalam membentuk perekat agregat, menyebabkan rendahnya ketersediaan bahan organik, serta menyumbat pori-pori tanah. Penurunan stabilitas agregat ini berkaitan dengan berkurangnya kandungan bahan organik serta mempengaruhi nilai nisbah dispersi tanah yang tinggi. Dengan demikian, penerapan praktik pengolahan tanah yang lebih konservatif, seperti pengurangan intensitas pembajakan dapat menjadi upaya menurunkan terjadinya dispersi pada tanah.

Pengolahan tanah melalui pembajakan hingga kedalaman 40 cm dan pencacahan sisa tanaman nanas sebanyak dua kali, seperti yang diterapkan di PT Great Giant Pineapple (GGP) dilakukan sebagai bagian dari upaya untuk memperbaiki struktur tanah dan menunjang produktivitas tanaman. Menurut COLEACP (2011) dalam Sossa dkk., (2019) praktik ini sangat relevan mengingat sistem perakaran nanas bersifat dangkal dan berkembang terutama pada lapisan tanah atas hingga kedalaman

sekitar 40 cm. Sisa tanaman yang telah dicacah halus dan dibiarkan agak mengering akan lebih mudah terdekomposisi, sehingga mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Peningkatan bahan organik ini berperan penting dalam pembentukan agregat tanah yang stabil serta meningkatkan kapasitas simpan dan ketersediaan air, yang keduanya sangat dibutuhkan di wilayah dengan musim kemarau yang nyata. Meskipun praktik ini idealnya memerlukan alat mekanis, pencacahan dan pengolahan sisa tanaman tetap memungkinkan dilakukan dengan peralatan sederhana seperti mesin pembajak tanah.

Pembajakan memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan serta produktivitas tanaman. Proses ini berkontribusi dalam membentuk struktur tanah yang gembur dan mudah diolah, sehingga mempermudah penetrasi akar tanaman dalam menyerap unsur hara dan air. Selain itu, pengolahan tanah yang tepat juga dapat meningkatkan aerasi tanah yang berperan dalam menyediakan oksigen yang cukup bagi akar dan mikroorganisme tanah yang bermanfaat. Tidak hanya itu, sistem pengolahan tanah yang baik mampu mengurangi pertumbuhan gulma yang dapat bersaing dengan tanaman utama dalam memperoleh nutrisi, air, dan cahaya matahari (Hadianto dkk., 2019).

Pemberian bahan organik seperti kompos, pupuk kandang, atau sisa tanaman terbukti mampu memperbaiki struktur tanah dengan memperkuat agregasi dan menurunkan tingkat kepadatan tanah (Gulo dan Waruwu, 2024). Dalam pengolahan tanah intensif seperti di PT Great Giant Pineapple (GGP), manajemen bahan organik yang tepat menjadi kunci untuk menjaga kualitas fisik tanah dan mendukung produktivitas tanaman nanas secara berkelanjutan. Hal ini sesuai dengan fungsi bahan organik di daerah tropis yang mampu menyediakan nutrisi penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan sulfur (S) secara bertahap. Selain itu, bahan organik juga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), memperkuat struktur agregat tanah, serta memengaruhi kemampuan tanah dalam menahan air (Sanchez, 1976). Meskipun kandungan bahan organik di tanah tropis biasanya hanya berkisar antara 2–10%, peranannya sangat penting dalam mempertahankan kesuburan dan kualitas tanah. Oleh karena itu,

pemadatan tanah yang terjadi akibat pengolahan tanah secara intensif perlu diatasi dengan penambahan bahan organik. Penelitian yang dilakukan oleh Paradelo dan Barral (2013) juga membuktikan bahwa penambahan bahan organik efektif dalam mengurangi berat isi tanah, terutama pada tanah bertekstur kasar, melalui peningkatan porositas dan pembentukan agregat tanah yang lebih baik. Kondisi ini menciptakan lingkungan perakaran yang optimal untuk pertumbuhan tanaman nanas di lahan komersial berskala besar seperti yang diterapkan di PT GGP.

Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan tanah secara konservasi dengan pembajakan tanah dengan kedalaman 40 cm yang diikuti dengan pengaplikasian hasil pencacahan tanaman nanas sebanyak dua kali sebagai upaya untuk menekan peningkatan nisbah dispersi akibat pengolahan tanah yang intensif. Dalam penelitian Nizatillah dkk., (2019) menunjukkan bahwa semakin dalam pembajakan tanah dilakukan, semakin tinggi nilai indeks stabilitas agregat yang dihasilkan sehingga secara langsung menurunkan nilai nisbah dispersi. Kedalaman pengolahan tanah dan intensitas pencacahan sisa tanaman nanas menjadi dua faktor teknis penting yang berperan dalam menurunkan nilai nisbah dispersi. Kedalaman pembajakan yang dilakukan hingga 40 cm dipilih karena mampu menjangkau lapisan tanah yang telah mengalami pemadatan akibat pengolahan intensif sebelumnya, sehingga memungkinkan terjadinya perbaikan struktur tanah lebih menyeluruh. Kedalaman ini juga untuk memperluas zona perakaran tanaman nanas yang secara alami memiliki sistem akar yang relatif dangkal. Sementara itu, pencacahan tanaman nanas sebanyak dua kali dilakukan untuk memastikan bahwa sisa tanaman yang dimanfaatkan sebagai bahan organik mengalami dekomposisi yang lebih sempurna. Intensitas pencacahan yang lebih tinggi mempercepat penguraian bahan organik serta distribusi residu tanaman ke seluruh lapisan olah tanah, yang selanjutnya akan meningkatkan stabilitas agregat dan menurunkan potensi dispersi. Oleh karena itu, pembajakan hingga kedalaman 40 cm dan pencacahan dua kali dilakukan untuk membentuk struktur tanah yang baik serta dapat menurunkan nisbah dispersi untuk mendukung pertumbuhan tanaman nanas.

Selain dari sisi pengolahan tanah, peningkatan kualitas tanah dalam hal perbaikan agregat tanah dalam penelitian ini juga diterapkan beberapa perlakuan, seperti kompos GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup>, kompos GGP 40 Ton ha<sup>-1</sup> + *biochar* 10 Ton ha<sup>-1</sup> (di lapang), kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup>, kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> + *enrich* mikroba 40 L ha<sup>-1</sup>. Penambahan pupuk organik ditujukan sebagai bahan masukan ke dalam tanah untuk menambah kandungan bahan organik sehingga tidak hanya meminimalisir terjadinya dispersi tetapi juga meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan. Kompos GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> merupakan kompos yang diproduksi langsung oleh PT Great Giant Pineapple yang terbuat dari bahan baku limbah kotoran sapi 98,25% + *biochar* bambu 1,75%. Sementara itu kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> terbuat dari kompos 96,75% + *biochar* 1,75% + vermikompos 1,5%.

Beberapa bahan baku dengan kualitas tinggi tersebut terbukti memperbaiki agregat tanah sesuai dengan tujuan akhir penelitian ini, yaitu untuk menurunkan nisbah dispersi tanah yang dapat mempengaruhi produksi tanaman nanas. Kompos yang dibuat dengan dari kotoran sapi dalam penelitian Cahyono dkk., (2020) menunjukkan bahwa kotoran sapi mengandung beberapa unsur hara esensial, yaitu diantaranya N sebesar 1,68%, C (21,60%); C/N ratio (12,86), P (2,60 g/kg), K (18,13 g/kg), Ca (21,50 g/kg), dan Mg (5,26 g/kg). Kotoran sapi memiliki sifat fisik yang padat, mudah hancur, dan berwarna coklat kehitaman hingga kekuningan dengan kandungan air yang cukup tinggi saat segar. Kandungan bahan organiknya yang melimpah dapat memperbaiki struktur tanah dan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Melalui tingginya kandungan karbon pada kompos berbahan dasar kotoran sapi akan meningkatkan kandungan C-organik tanah sehingga stabilitas agregat tanah turut meningkat. Kompos kotoran sapi kaya akan bahan organik, yang ketika ditambahkan ke tanah dapat memperkaya kandungan karbon organik. Karbon organik ini berfungsi sebagai perekat alami yang mengikat partikel-partikel tanah, seperti pasir, liat, dan debu, membentuk agregat tanah yang lebih besar dan lebih stabil. Tanah dengan agregat yang stabil memiliki kecenderungan untuk memiliki nilai nisbah dispersi yang rendah. Hal ini disebabkan oleh pengikatan partikel – partikel tanah oleh bahan



organik yang mengurangi kemungkinan partikel -partikel tersebut terdispersi saat terpapar air. Dengan kata lain, penambahan kompos kotoran sapi tidak hanya meningkatkan stabilitas agregat tetapi juga mengurangi risiko dispersi partikel tanah, sebagaimana tercermin dalam penurunan nilai nisbah dispersi (Gautam dkk., 2022).

Di samping itu, meskipun kompos kotoran sapi memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, namun penggunaannya harus diaplikasikan dalam dosis yang cukup tinggi. Hal tersebut tidak berbanding lurus dengan ketersediaannya yang seringkali terbatas. Dalam penelitian Pranoto dkk., (2021) penggunaan kompos kotoran sapi untuk pertumbuhan tanaman jagung baru menunjukkan pengaruh yang tinggi dan nyata pada dosis tertinggi yaitu sebesar 10 Ton ha<sup>-1</sup> atau setara dengan 7 kg per petak. Selain itu, pupuk organik seperti kotoran sapi tidak bertahan lama dalam tanah. Dengan demikian diperlukan alternatif bahan tambahan untuk lebih mengoptimalkan penggunaan kompos. Sehingga pada kompos ditambahkan *biochar* berbahan baku bambu sebanyak 1,75%.

*Biochar* merupakan 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. Dengan proses pembakaran tersebut, *biochar* akan menghasilkan konsentrasi karbon hingga 82,1%, jumlah tersebut dapat memaksimalkan kebutuhan karbon dan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk adsorpsi polutan tanah (Fadilah dkk., 2021). Dengan demikian, penambahan *biochar* menjadi solusi yang efektif karena dapat menambah karbon dalam tanah (Tambunan dkk., 2014).

Karbon pada *biochar* juga berperan penting sebagai lem perekat dalam agregat tanah, yang membantu meningkatkan aerasi dan kestabilan struktur tanah. Dalam penelitian Situmeang dkk., (2018), menyatakan bahwa *biochar* bambu dapat memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan agregasi dari mikroagregat ke agregat yang lebih besar, menurunkan massa jenis tanah, serta meningkatkan porositas, kapasitas penyimpanan air dan nutrisi, serta jumlah mikroorganisme di dalam tanah. *Biochar*

bambu terbukti dapat memperbaiki sifat tanah seperti agregasi tetapi juga mengurangi kemungkinan partikel tanah terdispersi saat terpapar air yang tercermin dalam penurunan nilai nisbah dispersi serta dapat memperbaiki pH tanah. Dalam penelitian Khan dkk., (2018), *biochar* dapat meningkatkan pH tanah karena memiliki karakteristik yang alkalin. Peningkatan pH akan diikuti dengan tingginya KTK tanah sehingga berdampak baik pada kualitas tanah salah satunya adalah kestabilan agregat tanah. Pada pH yang netral atau alkalin, biasanya aktivitas mikroorganisme akan meningkat. Mikroorganisme dan fungi mikoriza menghasilkan senyawa organik seperti polisakarida yang berperan sebagai *binding agent* atau perekat antar partikel tanah. *Biochar* juga memiliki kemampuan dalam menampung air, sehingga memperbaiki sifat fisik tanah seperti porositas, permeabilitas, dan infiltrasi tanah (Hidayat, 2015).

Kotoran sapi dan *biochar* bambu yang menjadi bahan baku pembuatan kompos GGP, sementara itu kompos tersebut dilakukan penambahan vermikompos untuk membuat kompos premium GGP. Vermikompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang dihasilkan dari proses pencernaan dalam tubuh cacing, yaitu berupa kotoran yang telah terfermentasi. *Eudrillus Eugeniae* merupakan salah satu spesies cacing yang biasa digunakan dalam vermikomposting. Berbeda dengan kompos yang didekomposisi oleh mikroorganisme, vermikompos dibuat melalui bantuan cacing tanah yang mengonsumsi bahan organik dan mengeluarkan kotoran kaya nutrisi (kascing) (Hazra dkk., 2018). Selain itu, vermikompos mengandung hara yang lebih tersedia dan mudah diserap oleh tanaman seperti N, P, dan K, kaya akan hormon tanaman seperti auksin dan sitokinin, serta mikroorganisme yang menguntungkan yang berasal dari sistem pencernaan cacing. Menurut penelitian yang telah dilakukan Helmi dkk., (2022), menunjukkan bahwa pemberian vermikompos memiliki kemantapan agregat yang tinggi, karena vermikompos memiliki kandungan bahan organik tanah yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Dengan demikian, vermikompos juga menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi kekurangan bahan organik. Dalam penelitian Hazra dkk., (2018), pengaplikasian vermikompos yang

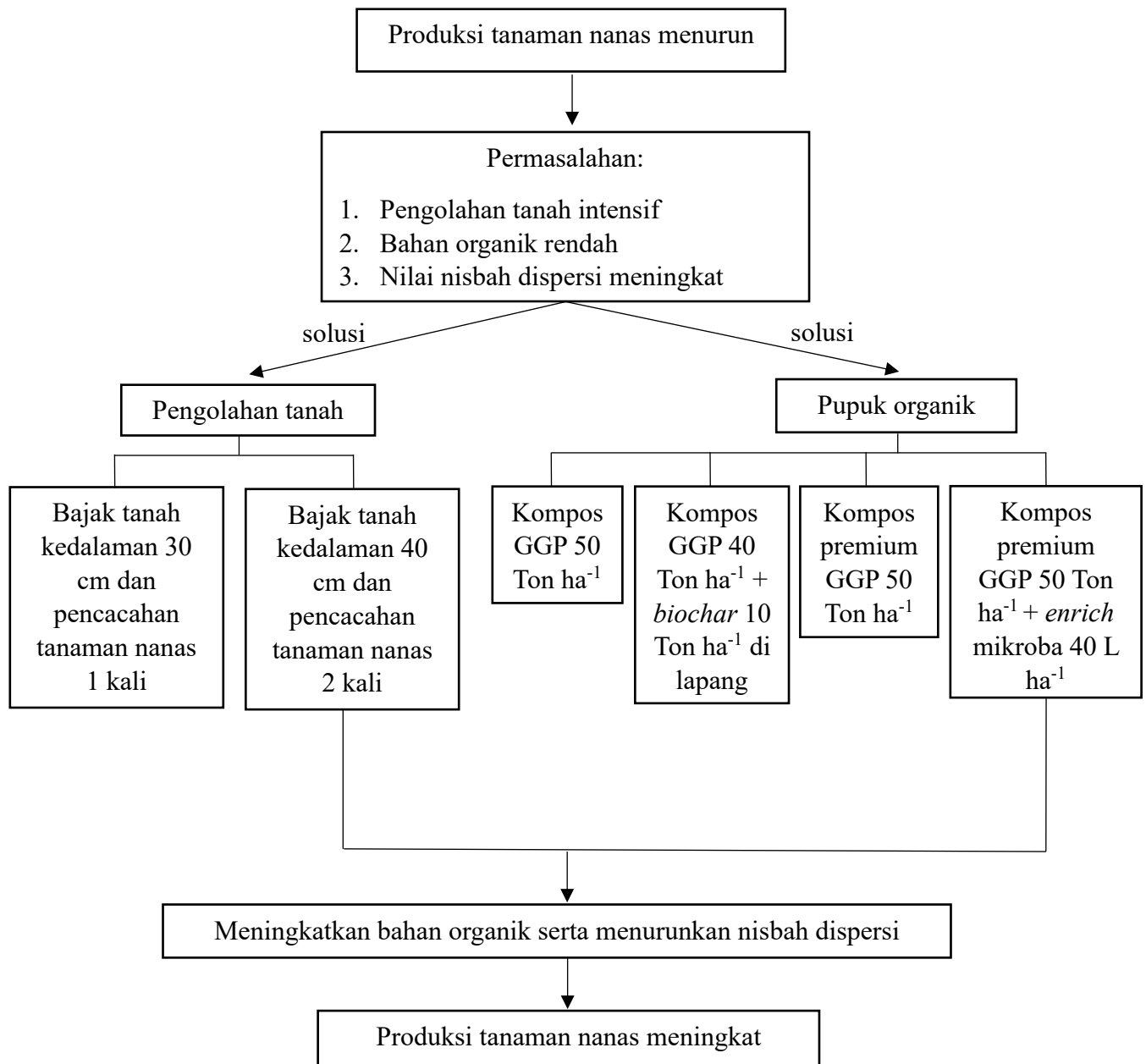
berbahan dasar 140 g kotoran sapi dan 60 g jerami padi menghasilkan perlakuan terbaik dibanding dengan perlakuan tunggal bahan tersebut.

Pada perlakuan lainnya (P<sub>4</sub>), kompos premium GGP juga diperkaya dengan mikroba. Mikroba yang digunakan berupa *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp., *Azotobacter* dan *Beuveria*. Peranan beberapa mikroorganisme tersebut, yaitu diantaranya *Trichoderma* menghasilkan enzim selulase dan kitinase yang dapat menguraikan bahan organik dengan lebih efisien. *Trichoderma* sp dapat mendegradasi limbah lignoselulolitik, sehingga mempercepat proses dekomposisi. Selain itu, *Trichoderma* sp memperkaya tanah dengan humus yang dapat memperkuat ikatan antara partikel tanah, serta dapat memperbaiki pengikatan partikel tanah menjadi agregat yang stabil melalui senyawa polisakarida yang dihasilkan. Melalui hal tersebut mikroba *Trichoderma* sp dapat mengurangi dispersi tanah, meningkatkan porositas dan stabilitas agregat tanah (Enshasy dkk., 2020). Dalam penelitian Lestari dkk., (2017), dihasilkan bahwa perlakuan *Trichoderma* sp dan molase pada lubang resapan biopori berpengaruh nyata memperbaiki sifat biologi tanah melalui peningkatan populasi mikroba tanah.

Mikroba pelarut fosfat seperti *Aspergillus* sp., *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., dan *Beauveria* sp. meningkatkan ketersediaan fosfor yang sangat penting bagi pertumbuhan akar tanaman. Akar yang sehat mengeluarkan eksudat yang berperan dalam pengikatan partikel tanah menjadi agregat stabil dan mengurangi kecenderungan tanah untuk terdispersi (Mpanga dkk., 2018). Selain itu, *Azotobacter* sp. menghasilkan zat bioaktif seperti polisakarida yang melapisi partikel tanah, memperkuat agregasi tanah. Polisakarida dapat melapisi dan mengikat partikel tanah yang lebih stabil. Agregat yang stabil akan mengurangi kerentanan terhadap dispersi yang terjadi ketika partikel tanah terpisah karena adanya air (Rodrigues dkk., 2018). *Azospirillum* sp. juga mendukung stabilitas agregat melalui pelarutan fosfor, eksudat organik yang mengikat partikel tanah, dan membantu nutrisi mudah tersedia untuk tanaman (Fukami dkk., 2018). *Pseudomonas* sp. dapat meningkatkan produksi bahan organik di tanah, yang berkontribusi pada struktur tanah yang lebih baik. Mikroba ini

juga mampu berinteraksi dengan akar tanaman, merangsang eksudasi akar, dan memperkaya zona *rizosfer* dengan bahan organik, sehingga memperkuat agregasi tanah di sekitar perakaran (Novitasari, 2018).

Dari deskripsi terkait manfaat masing-masing material yang menjadi perlakuan dalam penelitian ini, maka diharapkan pengolahan tanah dengan pembajakan sedalam 40 cm dan pencacahan tanaman nanas dua kali yang disertai pengaplikasian kombinasi kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> + *enrich* mikroba akan menghasilkan hasil terbaik dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah serta meminimalisir terjadinya dispersi tanah pada pertanaman nanas.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba dan *biochar* pada berbagai sistem pengolahan tanah dalam mempengaruhi nisbah dispersi tanah di pertanaman nanas, Lampung Tengah.

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan tanah dengan pembajakan sedalam 40 cm mampu menurunkan nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas.
2. Pupuk kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> + *enrich* mikroba mampu meminimalisir terjadinya nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas.
3. Interaksi antara pengolahan tanah dengan pembajakan sedalam 40 cm dan pupuk kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> + *enrich* mikroba yang diperkaya mikroba mampu mempengaruhi nisbah dispersi tanah pada tanaman nanas.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Degradasi Tanah**

Sebagian besar wilayah Indonesia berada dalam zona ekosistem tropika basah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap kerusakan lingkungan, terutama apabila praktik pengelolaan tanah tidak dilakukan secara bijaksana. Dalam konteks ini, degradasi lahan umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia yang memberikan tekanan negatif terhadap ekosistem tanah sehingga menurunkan produktivitasnya (Wawan, 2017). Pada lahan pertanian khususnya lahan kering degradasi sering dipicu oleh faktor-faktor seperti intensitas pengolahan tanah yang tinggi serta penggunaan bahan kimia secara berlebihan (Wahyunto dan Dariah, 2014).

Sutrisno dan Heryani (2013) menyatakan bahwa degradasi tanah bisa berasal dari penurunan kualitas fisik dan kimia tanah. Pemadatan akibat penggunaan alat berat dalam kegiatan pertanian menjadi penyebab utama penurunan sifat fisik tanah, sedangkan penurunan sifat kimia terjadi karena proses salinisasi, peningkatan keasaman, serta akumulasi bahan pencemar dari agrokimia. Senyawa seperti herbisida, pestisida, dan insektisida yang digunakan dalam budidaya juga dapat meninggalkan residu kimia berbahaya dalam tanah yang dalam jangka panjang dapat mempengaruhi kestabilan partikel tanah dan meningkatkan nilai nisbah dispersi, sebagai indikator lemahnya kohesi antar agregat tanah (Adimihardja, 2007).

Menurut Al-Musyafa dkk., (2016) mengemukakan bahwa kondisi iklim dan praktik pengolahan tanah yang terus-menerus menggunakan mesin pertanian turut mempercepat laju degradasi tanah. Salah satu cara untuk memulihkan kesuburan

tanah adalah dengan penambahan bahan organik ke dalam tanah. Walida dkk., (2020) menemukan bahwa pemberian bahan organik mampu memperbaiki karakteristik tanah, seperti meningkatkan pH dan kandungan karbon organik. Sejalan dengan hal tersebut, Suharta (2010) menjelaskan bahwa bahan organik berperan penting sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme tanah, sehingga semakin tinggi kandungannya, semakin aktif pula kehidupan mikroba yang berperan dalam menjaga struktur dan kesuburan tanah. Aktivitas mikroba ini juga berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas agregat dan penurunan nisbah dispersi, karena bahan organik berperan sebagai perekat alami partikel tanah yang mencegah mudahnya partikel terdispersi saat terkena air.

## **2.2 Pengolahan Tanah di Perkebunan Nanas**

Pengolahan tanah di perkebunan nanas umumnya dilakukan secara intensif dengan melibatkan penggunaan alat berat dan melalui beberapa tahapan. Namun, praktik ini jika dilakukan terus-menerus dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur dan kualitas tanah. Untuk mengatasi hal tersebut, diterapkan pendekatan alternatif melalui modifikasi sistem olah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan. Menurut Pandey dkk., (2014), pengurangan frekuensi pengolahan tanah terbukti dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme serta memperkaya ketersediaan substrat organik di dalam tanah. Dalam praktiknya, modifikasi ini mencakup penyesuaian tahapan pengolahan tanah, pengurangan intensitas pengolahan, serta penambahan serasah tanaman nanas yang telah dicacah sebagai sumber bahan organik. Serasah ini berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik maupun biologis tanah. Salah satu bentuk modifikasi dalam penelitian ini dilakukan melalui dua kombinasi perlakuan yaitu pembajakan tanah sedalam 30 cm disertai pencacahan tanaman nanas satu kali ( $T_1$ ) dan pembajakan tanah sedalam 40 cm dengan pencacahan tanaman nanas dua kali ( $T_2$ ). Sejalan dengan itu, Indria (2005) menyatakan bahwa pengurangan intensitas olah tanah juga bertujuan untuk mencegah



terjadinya pemadatan dan dapat dimanfaatkan sebagai metode dalam mengaplikasikan bahan organik ke dalam tanah secara efektif.

### **2.2.1 Jenis Alat Pengolahan Tanah di Perkebunan Nanas**

#### **1. *Chopping***

Sebelum pengolahan tanah dilakukan, tanaman nanas terlebih dahulu dicabut, dirobekkan, dan dipotong menjadi bagian-bagian besar melalui tahap yang disebut *chopping* 1, menggunakan alat *harrow* bongkar. Selanjutnya, sisa tanaman tersebut dicacah kembali menjadi ukuran yang lebih kecil melalui proses *chopping* 2 dengan bantuan alat *chopper berty*. Selain memperkecil ukuran residu, proses pencacahan ini juga bertujuan untuk menghentikan titik tumbuh pada batang nanas, sekaligus mempercepat proses dekomposisi bahan organik di tanah.

#### **2. *Moldboard***

*Moldboard* atau bajak dalam digunakan untuk membalik dan membongkar lapisan atas tanah sekaligus membenamkan sisa tanaman (seresah) ke dalam tanah hingga kedalaman sekitar 35–45 cm. Tujuan dari pembenaman seresah ini adalah untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik dalam tanah (Purba dkk., 2021). Alat ini bekerja dengan cara membalikkan tanah ke satu arah, yaitu ke arah kanan, sehingga menciptakan alur yang merata dan mendukung proses pelapukan secara optimal.

#### **3. *Disk plow***

*Disk plow* digunakan untuk menghancurkan hasil olahan dari bajak dalam (*moldboard*) serta memperkecil ukuran agregat tanah hingga kedalaman sekitar 20 cm. Cara kerja alat ini adalah dengan memotong alur tanah hasil bajakan sebelumnya, baik untuk meratakan permukaan lahan maupun membalik tanah pada kedalaman yang sama. Proses ini membuat tanah menjadi lebih gembur, sehingga menciptakan

kondisi yang mendukung bagi pertumbuhan akar dan perkembangan tanaman secara optimal (Prihutomo, 2017).

#### 4. Rotary LU

*Rotary* LU merupakan alat yang berfungsi untuk memecah tanah, mencacah seresah tanaman dan membenamkan seresah tanaman nanas. Kedalaman alat ini dapat mencapai 20 cm.

#### 5. FHK (*Finishing Harrow* Kecil)

FHK merupakan alat yang digunakan untuk memecah agregat tanah yang besar menjadi agegat yang lebih kecil atau remah dan mempermudah pembuatan guludan pada aplikasi olah tanah selanjutnya.

#### 6. *Ridger*

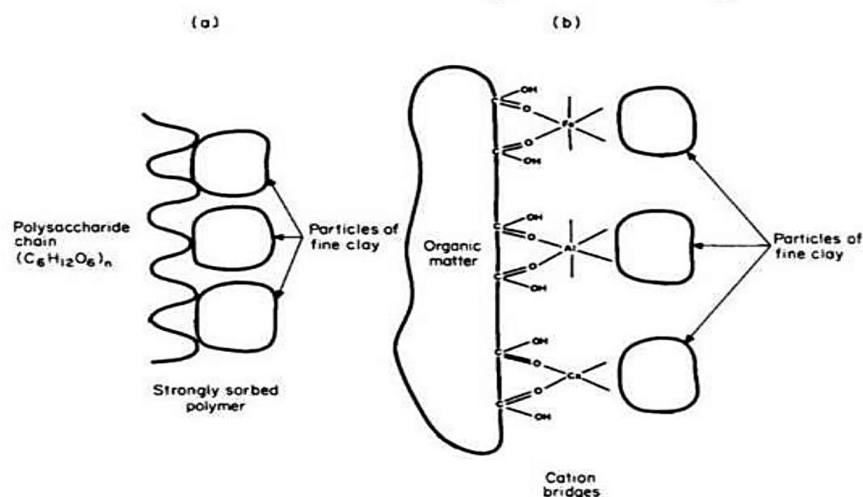
*Ridger* merupakan alat yang digunakan untuk membuat guludan dan aplikasi pupuk dasar. Mekanisme kerjanya yaitu memotong, mengangkat, dan melemparkan tanah ke arah dua sisi sehingga membentuk guludan.

### 2.3 Nisbah Dispersi

Nisbah dispersi merupakan perbandingan antara jumlah liat dan debu yang didispersikan di air dengan yang didispersikan dengan zat pendisper. Secara umum, tanah dicampur dengan larutan *calgon* atau bahan pendispersi lain untuk mengeluarkan partikel tanah ini. Tanah yang memiliki tingkat dispersi tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar debu dan liat mudah tersebar. Nilai nisbah dispersi yang lebih rendah menunjukkan bahwa tanah tersebut lebih kuat atau lebih tahan terhadap pendispersian. Dispersi tanah terjadi karena pengaruh muatan negatif pada partikel tanah dan jumlah partikel yang ada di dalamnya. Ada dua kekuatan yang terjadi dalam dispersi tanah yang pertama adalah kekuatan yang membuat

partikel tanah saling tolak menolak, dan yang kedua adalah kekuatan yang membuat partikel tanah tertarik (Afandi, 2019).

Afandi (2019) menggunakan nisbah dispersi untuk melacak bagian bahan organik tanah yang berkaitan atau dijerap oleh liat, berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Tisdall dan Oades (1982). Menurut Tisdall dan Oades (1982), agen pengikat organik terbagi menjadi 3 yaitu *transient* atau cepat tersedia yang biasanya berupa polisakarida, *temporary* atau sementara yang biasanya dilakukan oleh akar tanaman dan hifa jamur untuk mengikat partikel tanah menjadi agregat berukuran makro, dan *persistent* terdiri dari komponen aromatik yang berasosiasi dengan kation logam polivalen dan polimer yang mengabsorpsi dengan kuat. Agen transient atau rapuh terdiri dari polisakarida yang berfungsi sebagai “glue” atau lem misalnya glukosa, yang hanya meningkatkan kemantapan agregat selama beberapa minggu saja. Agen *temporary* terdiri dari akar-akar dan hifa jamur. Akar memasok residu organik ke tanah sehingga mendukung pertumbuhan mikrobial di rhizosfer dan akar terutama dari rumput juga sebagai agen pengikat tanah. Agen *persistent* terdiri dari bahan-bahan humat aromatik yang berasosiasi dengan besi amorf, aluminium dan aluminosilikat membentuk fraksi organo mineral yang besar melalui ikatan jembatan kation (Gambar 2).



Gambar 2. Interaksi agen peristen dengan liat melalui adsorpsi dan jembatan kation (Tisdall dan Oades, 1982).

Nisbah dispersi dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yang perlu dipahami, seperti tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan distribusi mikroagregat. Berikut ini penjelasan singkat tentang faktor-faktor tersebut:

### 2.3.1 Tekstur Tanah

Tekstur tanah merujuk pada perbandingan berbagai kelas ukuran partikel (fraksi atau separat) pada suatu volume tanah tertentu dan digambarkan sebagai kelas tekstur tanah (FAO, 2006). Menurut Soil Science Division Staff (2017) tekstur menunjuk pada perbandingan berat dari separat untuk partikel kurang dari 2 mm dari distribusi ukuran partikel yang ditetapkan di laboratorium. Singkatnya, tekstur tanah merupakan perbandingan relatif antara fraksi pasir, debu, dan liat di dalam tanah FAO Unesco, (1974) dalam Afandi (2019). Secara kualitatif, tekstur menggambarkan “rasa” dari tanah, apakah terasa kasar, halus, atau licin.

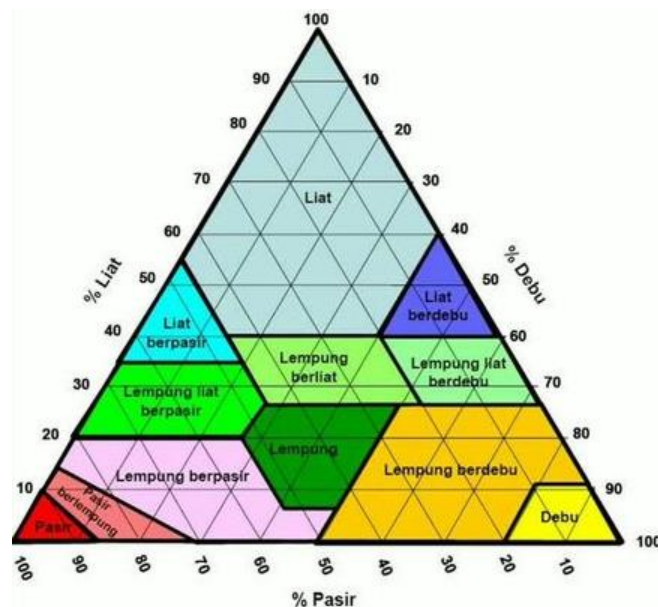
Pasir (*sand*) merupakan fraksi tanah dengan ukuran partikel terbesar, umumnya tersusun atas mineral kuarsa sehingga dapat terlihat secara kasat mata. Partikel pasir biasanya memiliki ukuran yang hampir seragam serta berbentuk bulat atau menyerupai kubus. Pasir tergolong material yang tidak bermuatan atau bersifat inert, sehingga memiliki daya kohesi dan adhesi yang rendah, mudah terurai saat kering, serta mudah dalam pengolahan. Kemampuan pasir dalam mengikat air dan unsur hara sangat terbatas. Bentuknya yang membulat dan ukuran partikel yang besar menyebabkan tanah berpasir memiliki pori-pori berukuran besar, sehingga laju infiltrasinya tinggi dan sistem drainasenya sangat baik (Afandi, 2019).

Liat (*clay*) merupakan partikel tanah berukuran sangat halus dengan bentuk menyerupai lempengan. Partikel liat memiliki sifat koloid, serta menunjukkan daya kohesi dan adhesi yang tinggi, sehingga ikatan antar partikelnya sangat kuat dan mudah melekat pada benda lain. Dengan karakteristik tersebut, tanah yang didominasi liat menjadi berat untuk diolah, memiliki laju infiltrasi yang lambat, dan sistem drainasenya cenderung terhambat. Selain itu, partikel liat bermuatan negatif,

sehingga mampu mengikat kation dan air, serta memiliki sifat kimia berupa Kapasitas Tukar Kation (KTK) (Afandi 2019).

Menurut Hilel, (1980) dalam Afandi (2019), debu (*silt*) secara fisik dan mineral memiliki karakteristik yang mirip dengan pasir, namun karena ukurannya lebih halus, debu memiliki luas permukaan yang lebih besar dan menunjukkan beberapa sifat fisiko-kimia yang menyerupai liat. Debu memiliki ciri khas terasa licin saat disentuh dan mudah terbawa angin ketika dalam kondisi kering. Jika diibaratkan sebagai makhluk hidup, maka pasir berperan sebagai bagian yang inert, debu sebagai kerangka (*skeleton*), dan liat sebagai “daging” (*flesh*) dari tanah. Ketiga fraksi tersebut, dengan kombinasi dan proporsi yang beragam, menyusun struktur atau matriks tanah secara keseluruhan.

Pengkelasan tekstur tanah yang terkenal adalah kelas tekstur tanah dari USDA. Perbandingan komposisi ketiga fraksi tersebut dinyatakan dalam bentuk segitiga tekstur tanah, sehingga menghasilkan 12 kelas tekstur tanah (Gambar 3).



Gambar 3. Segitiga tekstur tanah sistem USDA

### 2.3.2 Bahan Organik

Bahan organik tanah merupakan komponen penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah, khususnya dalam pembentukan dan stabilisasi agregat tanah. Bahan organik berperan sebagai agen pengikat antara partikel tanah melalui senyawa humat dan eksudat mikroorganisme yang membentuk agregat mikro dan makro (Tisdall dan Oades, 1982). Struktur agregat yang stabil secara langsung menurunkan risiko terjadinya dispersi, yaitu proses pelepasan partikel-partikel halus, terutama lempung, ke dalam larutan tanah akibat gaya air dan gangguan fisik. Oleh karena itu, rendahnya kandungan bahan organik di dalam tanah sering dikaitkan dengan meningkatnya nilai nisbah dispersi.

Menurut penelitian Simanjuntak (2013) bahwa pemberian pupuk kandang sebanyak 5 Ton ha<sup>-1</sup> terbukti secara signifikan mampu meningkatkan Indeks Stabilitas Agregat (ISA) dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi perlakuan. Hal ini terjadi karena bahan organik dalam pupuk kandang berperan sebagai perekat alami yang menyatukan partikel-partikel tanah menjadi agregat yang lebih stabil. Tanah dengan agregat yang stabil akan memiliki nilai nisbah dispersi yang lebih rendah, karena partikel-partikel halus lebih terlindungi dalam struktur agregat dan tidak mudah terlepas saat terkena tekanan air. Menurut Junaedi dan Arsyad (2010) dalam Simanjuntak (2013) peran bahan organik dalam meningkatkan kestabilan agregat tanah sangat penting. Pertama, bahan organik memiliki muatan listrik yang dapat membantu menyatukan butiran primer menjadi agregat sekunder. Kedua, hasil dekomposisi bahan organik menghasilkan zat perekat di sekitar agregat sekunder yang berfungsi sebagai pengikat atau pelindung. Ketiga, agregat tersebut kemudian diperkuat oleh benang-benang jamur tanah (kapang), yang membungkus dan menyatukannya menjadi struktur tanah yang remah dan stabil.

### 2.3.4 Distribusi Mikroagregat

Mikroagregat tanah merupakan struktur gabungan partikel tanah berukuran kurang dari 250 µm yang terbentuk melalui proses fisik, kimia, dan biologi selama

pedogenesis. Keberadaan dan distribusi mikroagregat berperan penting dalam menentukan stabilitas struktur tanah dan ketahanannya terhadap dispersi, yaitu proses terlepasnya partikel halus tanah (seperti lempung) ke dalam larutan tanah. Distribusi mikroagregat yang stabil dan merata dapat memperkecil kemungkinan terjadinya dispersi, karena struktur internalnya yang kompleks mampu menahan tekanan air, gesekan, dan benturan tetesan hujan. Sebaliknya, apabila mikroagregat tidak terbentuk dengan baik atau terdistribusi tidak merata, maka partikel tanah lebih mudah terdispersi, terutama saat terjadi kejenuhan air atau saat curah hujan tinggi menyebabkan tekanan hidrolik. Dalam kondisi tersebut, tidak hanya partikel mineral yang lepas, tetapi juga senyawa organik dan mikroorganisme yang sebelumnya terperangkap dalam agregat dapat terlepas ke lingkungan sekitar. Penelitian oleh Totsche dkk., (2017) menekankan bahwa keberadaan mikroagregat sangat penting untuk kestabilan jangka panjang tanah karena mampu bertahan terhadap gaya perusak mekanik, termasuk penghancuran oleh air. Mikroagregat juga memainkan peran sebagai habitat mikroorganisme tanah dan sebagai penyimpan unsur hara, sehingga degradasinya akibat dispersi akan berdampak langsung pada kualitas tanah.

Distribusi mikroagregat dalam tanah dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara partikel liat dan bahan organik, yang dapat membentuk agregat stabil berukuran  $<2$  mm. Mikroagregat terbentuk melalui dua mekanisme utama, yakni ikatan persisten dan ikatan transien antara liat dan bahan organik. Ikatan persisten terjadi melalui jembatan kation polivalen, membentuk agregat tanah yang stabil dan disebut sebagai *Clay-cation-organic* (Cc). Sementara itu, ikatan transien melibatkan bahan organik yang mudah terdekomposisi dan membentuk agregat melalui mekanisme absorpsi atau pengelaman, disebut *Clay-glue* (Cg). Dalam pendekatan kuantitatif, fraksi pasir dan debu yang tidak terdispersi dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya mikroagregat. Persentase pasir yang tidak terdispersi dikurangi dengan pasir yang terdispersi memberikan estimasi Cc, sedangkan perbedaan antara debu tidak terdispersi dan terdispersi merepresentasikan Cg. Jumlah total mikroagregat tanah

(Cag) kemudian merupakan hasil penjumlahan antara Cc dan Cg, yang menunjukkan total agregat mikro yang terbentuk akibat interaksi liat dan bahan organik.

Distribusi mikroagregat sangat penting karena berpengaruh terhadap kestabilan struktur tanah, aerasi, infiltrasi air, serta resistensi tanah terhadap erosi. Mikroagregat yang terbentuk oleh ikatan persisten (Cc) cenderung lebih stabil secara jangka panjang dibandingkan ikatan transien (Cg), yang mudah terurai (Afandi, 2019).

## 2.5 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah jenis pupuk yang berasal dari bahan-bahan alami dan umumnya mengandung berbagai unsur hara dalam konsentrasi rendah. Aplikasinya pada tanaman tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi, tetapi juga berkontribusi dalam memperbaiki struktur dan kualitas fisik tanah (Lepongbulan dkk., 2017).

Pupuk organik yang diproduksi di PT Great Giant Pineapple dapat berupa pupuk kompos. Pupuk kompos yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kompos GGP dan kompos premium GGP. Pupuk kompos premium GGP tersebut diperkaya oleh mikroba, seperti mikroba *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Beauveria* sp., dan *Pseudomonas* sp.

### 2.5.1 Kompos GGP

Kompos GGP yang digunakan dalam penelitian ini di PT Great Giant Pineapple (GGP) dibuat dari campuran limbah kotoran sapi dan *biochar* bambu. Dua bahan organik tersebut saling melengkapi dalam membantu meningkatkan kesuburan dan kualitas tanah. Karakteristik umum kompos diantaranya adalah mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah yang bervariasi tergantung bahan asal, menyediakan unsur hara secara lambat (*slow release*) dan mampu memperbaiki kualitas kesuburan tanah dari segi fisik, kimia, dan biologi. Salah satu jenis yang umum digunakan adalah pupuk kandang dari kotoran sapi. Arifaldi (2022) menyatakan bahwa aplikasi kompos berbahan dasar kotoran sapi dapat menjaga kelembapan dan kestabilan suhu tanah, meningkatkan kadar bahan organik, menaikkan pH tanah, serta memperbaiki



sifat fisik tanah, seperti memperbaiki tekstur dan membentuk struktur remah. Selain itu, tanah yang diberi kompos tersebut tampak lebih gelap, menandakan peningkatan kesuburan. Menurut Dewi dkk., (2017), kompos dari kotoran sapi mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (0,4–2%), fosfor (0,2–0,5%), dan kalium (0,1–1,5%), serta sejumlah unsur mikro lainnya, termasuk kalsium (Ca), magnesium (Mg), mangan (Mn), besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn).

Kompos kotoran sapi yang digunakan dalam penelitian Cahyono dkk., (2020) di PT Great Giant Pineapple ini memiliki berbagai kandungan nutrisi yang mendukung kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Dengan pH 7,2 yang mendekati netral, kompos ini mampu meningkatkan pH tanah yang asam. Kandungan karbon organik (C) sebesar 21,60% dan nitrogen (N) sebesar 1,68% menunjukkan bahwa kompos ini kaya akan bahan organik yang penting bagi proses dekomposisi dan kesehatan tanah. Rasio C/N kompos adalah 12,86, yang ideal untuk mendukung dekomposisi tanpa menghambat ketersediaan nitrogen bagi tanaman. Selain itu, kompos ini mengandung fosfor (P) sebanyak 2,60 g/kg dan kalium (K) 18,13 g/kg, yang keduanya esensial untuk pertumbuhan akar dan perkembangan buah. Kompos juga kaya akan kalsium (Ca) sebesar 21,50 g/kg dan magnesium (Mg) 5,26 g/kg, yang berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan retensi kelembaban. Kandungan nutrisi yang tinggi ini menjadikan kompos sebagai alternatif alami yang efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah serta mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, terutama pada tanah asam.

Selain peran penting dari kompos kotoran sapi dalam menyumbang unsur hara dan memperbaiki kesuburan tanah, kehadiran *biochar* bambu dalam kompos GGP turut memberikan kontribusi yang tidak kalah signifikan, khususnya dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah dan menjaga kelembapan. Berdasarkan hasil analisis penelitian (Halis dkk., 2022), *biochar* bambu yang mengandung sejumlah besar karbon terikat (49,21%) dan mineral (28,57%), berfungsi sebagai sumber energi dan elemen penting bagi mikroorganisme tanah yang terlibat dalam proses agregasi. Ketika diterapkan ke tanah, *biochar* dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk

mempertahankan agregat yang lebih stabil karena mikroorganisme yang teraktivasi oleh karbon organik dan mineral dalam *biochar* akan memfasilitasi pembentukan ikatan antara partikel tanah. Proses ini mengurangi nilai nisbah dispersi dengan meningkatkan kohesi antara partikel tanah, yang mengarah pada agregat yang lebih tahan terhadap perpecahan.

*Biochar* dapat mempengaruhi sifat fisik tanah seperti struktur, porositas tanah, daya ikat air dan unsur hara (Situmeang dkk., 2017). Berdasarkan hasil penelitian Situmeang dan Suarta (2016), pemberian *biochar* bambu dosis 6 Ton ha<sup>-1</sup> pada tanaman kangkung memberikan nilai bobot segar hasil ekonomi tertinggi. Hal ini dikarenakan perbaikan sifat fisik tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan akar dan mempengaruhi serapan unsur hara dan oleh akar, sehingga mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman. Aplikasi *biochar* dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara, memperbaiki struktur tanah, mengurangi penguapan air dalam tanah, serta menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisme simbiotik (Nurida, 2015).

### **2.5.2 Kompos Premium GGP**

Kompos premium GGP yang digunakan dalam penelitian ini di PT Great Giant Pineapple (GGP) dibuat dari campuran limbah kotoran sapi, *biochar* serta vermikompos. Vermikompos adalah pupuk organik hasil dari penguraian limbah organik, seperti sisa tanaman dan hewan, melalui aktivitas biologis cacing tanah. Proses ini berlangsung di dalam sistem pencernaan cacing dan menghasilkan produk yang kaya akan mikroorganisme aktif, enzim pencernaan, serta berbagai senyawa organik penting (Nusantara dkk., 2010). Menurut Rohim dkk., (2012), kelebihan vermikompos terletak pada kemampuannya menyediakan unsur hara dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman, serta mengandung mikroba yang beragam dan bermanfaat dalam merangsang pertumbuhan tanaman secara optimal.

Penelitian oleh Fahrudin (2009) menunjukkan bahwa penggunaan vermikompos dapat membantu menurunkan tingkat keasaman tanah (pH). Sementara itu, Gurav dan Pathade (2011) menjelaskan bahwa proses vermikomposting dengan bahan dasar campuran kotoran ternak dan residu tanaman dapat menghasilkan kompos dengan kadar karbon sebesar 28%, yang berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Selanjutnya, Kusumawati (2011) menegaskan bahwa vermikompos dapat mendukung perkembangan populasi mikroba, yang berperan penting dalam mempercepat dekomposisi bahan organik dan meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan.

Kompos premium GGP tersebut akan diperkaya dengan mikroba yang bermanfaat untuk mendukung proses dekomposisi dan meningkatkan efektivitasnya dalam memperbaiki kesuburan serta kualitas tanah secara menyeluruh. Mikroba yang ditambahkan meliputi *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Beauveria* sp., dan *Pseudomonas* sp. Peranan dari mikroba adalah sebagai berikut:

#### **2.5.2.1 *Azotobacter* sp.**

Iswanto dan Yuliana (2021) menjelaskan bahwa mikroorganisme tanah seperti *Azotobacter* memiliki peranan penting dalam proses fiksasi nitrogen, yakni mengonversi nitrogen dari udara menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Penelitian mereka membuktikan bahwa aplikasi inokulum mikroba tersebut mampu meningkatkan hasil produksi tanaman secara signifikan, terutama pada lahan yang memiliki kadar nitrogen rendah. Zendrato dan Lase (2025) menjelaskan keberadaan mikroba pengikat nitrogen seperti *Azotobacter* yang hidup bebas di dalam tanah berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah dengan menyediakan nitrogen dalam bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman, khususnya pada tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah. Peran mikroorganisme tersebut dapat ditingkatkan melalui aplikasi bahan organik seperti kompos, khususnya kompos yang diperkaya mikroba. Kompos menyediakan substrat dan lingkungan yang mendukung pertumbuhan

mikroba, sementara inokulum mikroba spesifik seperti *Azotobacter* mempercepat penyediaan nitrogen yang tersedia bagi tanaman.

#### **2.5.2.2 *Azospirillum* sp.**

Menurut Hadi dan Gunawan (2015), keberadaan mikroorganisme pengikat nitrogen seperti *Azospirillum* berperan signifikan dalam menangkap nitrogen dari atmosfer dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Proses ini secara alami meningkatkan ketersediaan nitrogen di dalam tanah dan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pupuk anorganik berbasis kimia. Selain itu, bakteri seperti *Azospirillum* dapat memperbaiki keseimbangan nitrogen di tanah, membantu tanaman memperoleh nitrogen lebih efektif tanpa ketergantungan pada pupuk kimia. Menurut Wahyudi dkk., (2018), penggunaan pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme seperti *Azospirillum* telah terbukti meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman tanpa perlu ketergantungan pada pupuk kimia.

#### **2.5.2.3 *Trichoderma* sp.**

Menurut Doo dkk., (2023) menjelaskan bahwa *Trichoderma* sp. memainkan peran penting dalam ekosistem tanaman dan tanah dengan berbagai manfaat yang saling bersinergi. *Trichoderma* tidak hanya berfungsi sebagai agen pengendali hayati terhadap patogen tanaman seperti *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora infestans*, dan *Rigidoporus microporus*, tetapi juga mampu merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman melalui mekanisme kompetisi nutrisi, produksi enzim pendegradasi dinding sel patogen, dan sekresi metabolit sekunder yang bersifat antimikroba. Selain itu, *Trichoderma* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati yang meningkatkan ketersediaan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor, mendukung kesehatan tanah melalui sinergi dengan *rhizobakteria* pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR), serta berperan sebagai elisitor yang memicu produksi senyawa metabolit sekunder tanaman untuk meningkatkan ketahanan terhadap stres dan patogen. Gen dari *Trichoderma* seperti  $\beta$ -1,3-glukanase telah berhasil dimanfaatkan dalam pengembangan tanaman

transgenik tahan penyakit, dan jamur ini juga berpotensi besar dalam bioremediasi tanah tercemar berkat kemampuannya menurunkan kadar polutan secara ramah lingkungan. Peran multifungsional ini menjadikan *Trichoderma* sebagai aset biologis yang menjanjikan untuk pertanian berkelanjutan dan restorasi lingkungan.

#### **2.5.2.4 *Bacillus* sp.**

*Bacillus* sp. merupakan salah satu kelompok bakteri pemacu pertumbuhan tanaman yang telah banyak dikenal karena efektivitasnya, terutama dalam mendukung pertumbuhan tanaman pada kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Bakteri ini mampu mensintesis berbagai metabolit bioaktif yang tidak hanya mendorong pertumbuhan tanaman, tetapi juga memberikan perlindungan terhadap serangan patogen. Misalnya, *Bacillus* sp. diketahui memproduksi eksopolisakarida dan siderofor yang berperan dalam menjaga keseimbangan ionik serta memfasilitasi transportasi air di dalam jaringan tanaman, sekaligus menekan populasi mikroba patogen di area perakaran. Selain itu, bakteri ini juga dapat menghasilkan fitohormon seperti asam indol-3-asetat dan asam giberelat yang berkontribusi terhadap peningkatan toleransi tanaman terhadap berbagai bentuk stres, baik yang bersifat biotik maupun abiotik. Berkat kemampuannya tersebut, *Bacillus* sp. menjadi agen hayati yang sangat potensial dalam mendukung peningkatan produktivitas pertanian, khususnya pada lahan marginal atau yang telah mengalami degradasi (Laia dan Lase, 2024).

#### **2.5.2.5 *Pseudomonas* sp.**

*Pseudomonas* sp. merupakan kelompok bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (*plant growth-promoting rhizobacteria* / PGPR) yang dikenal efektif dalam meningkatkan pertumbuhan akar dan tunas, terutama pada kondisi tanah non. Salah satu karakteristik unggul dari bakteri ini adalah kemampuannya dalam menghasilkan metabolit bioaktif yang tidak hanya berperan sebagai agen penghambat patogen, tetapi juga mampu menginduksi sistem ketahanan tanaman secara sistemik. Selain itu, *Pseudomonas* sp. turut berkontribusi dalam memperkaya struktur dan

keanekaragaman mikrobioma di zona *rizosfer*, yang pada akhirnya mendukung kesehatan dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Berkat mekanisme kerja yang kompleks dan sinergis ini, *Pseudomonas* sp. dipandang sebagai komponen kunci dalam pengembangan sistem pertanian berkelanjutan yang tangguh dan produktif (Laia dan Lase, 2024).

#### **2.5.2.6 *Beauveria* sp.**

*Beauveria* merupakan jamur entomopatogen yang berperan penting sebagai agen hayati dalam pengendalian hama tanaman secara biologis. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Intarti dkk., (2020), jamur ini terbukti efektif dalam menekan intensitas serangan hama *Thrips* sp. pada tanaman cabai rawit. *Bauveria* menginfeksi serangga melalui kontak langsung dengan integumen tubuh serangga, lalu menembus tubuh inangnya dan tumbuh secara internal hingga menyebabkan kematian dalam waktu 3–5 hari, yang ditandai dengan munculnya konidia pada permukaan tubuh serangga. Efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan, di mana aplikasi dengan konsentrasi 20 ml L<sup>-1</sup> mampu menekan serangan *Thrips* hingga 99,53% dibandingkan kontrol. Selain itu, keunggulan *Beauveria* adalah kemampuannya dalam menyerang berbagai fase hidup serangga tanpa memberikan dampak negatif terhadap lingkungan atau pertumbuhan tanaman itu sendiri, menjadikannya alternatif ramah lingkungan yang sangat potensial dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penyiapan lahan, pengolahan tanah, aplikasi pengomposan dan penanaman bibit nanas dilakukan pada bulan September-November 2023. Pengambilan sampel dan pengolahan data pada penelitian ini dilakukan bulan Januari 2024 – April 2025.

Pengambilan data penelitian dilakukan di PT Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Analisis pengamatan dilakukan pada Laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah cangkul, nampan, plastik, alat tulis, kertas label, alumunium foil, *hydrometer*, *stopwatch*, *hotplate*, *magnetic stirrer*, timbangan digital, termometer, spidol, erlenmeyer 250 ml, pipet tetes, *mixer*, tabung sedimentasi 1000 ml, alat pengaduk tangan, ayakan 2 mm, *beaker glass*, dan buret.

Bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain sampel tanah, aquades, Kalium Dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1,0 N, Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) 96%, Asam Phosphat ( $H_3PO_4$ ) 85%, Diphenylamin ( $C_{12}H_{11}N$ ), Ferro Sulfat ( $FeSO_4$ ) 0,5 N, Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ), Na-hexametafosfat ( $(NaPO_3)_6$ ) 5%, pupuk premium mitra, diinokulasi mikroba *enrichment* antara lain: *Trichoderma*, *Bacillus* sp. (MPF), *Pseudomonas* sp. (MPF), *Azospirillum* sp. (N-fixer), *Azotobacter* dan *Beauveria* serta *biochar*.

### 3.3 Metode Penelitian

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

Tabel 1. Rancangan Perlakuan dalam Penelitian dengan Metode Rancangan Split-Plot

| No | Perlakuan      | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Petak Utama    |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    | T <sub>1</sub> | Bajak tanah kedalaman 30 cm + pencacahan tanaman nanas sebanyak 1 kali                                                                                                                                                                                |
|    | T <sub>2</sub> | Bajak tanah kedalaman 40 cm + pencacahan tanaman nanas sebanyak 2 kali                                                                                                                                                                                |
| 2. | Anak Petak     |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    | P <sub>1</sub> | Kompos GGP 50 Ton ha <sup>-1</sup>                                                                                                                                                                                                                    |
|    | P <sub>2</sub> | Kompos GGP 40 Ton ha <sup>-1</sup> + <i>biochar</i> 10 Ton ha <sup>-1</sup> di lapang                                                                                                                                                                 |
|    | P <sub>3</sub> | Kompos premium GGP 50 Ton ha <sup>-1</sup>                                                                                                                                                                                                            |
|    | P <sub>4</sub> | Kompos premium GGP 50 Ton ha <sup>-1</sup> + <i>encrich</i> mikroba ( <i>Trichoderma</i> , <i>Bacillus</i> sp. (MPF), <i>Pseudomonas</i> sp. (MPF), <i>Azospirillum</i> sp. (N-fixer), <i>Azotobacter</i> dan <i>Beuveria</i> ) 40 L ha <sup>-1</sup> |

Keterangan: Kompos GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> (bahan baku berasal dari limbah kotoran sapi 98,25% + *biochar* bambu 1,75%); Kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> (Kompos 96,75% + *Biochar* 1,75% + vermikompos 1,5%).



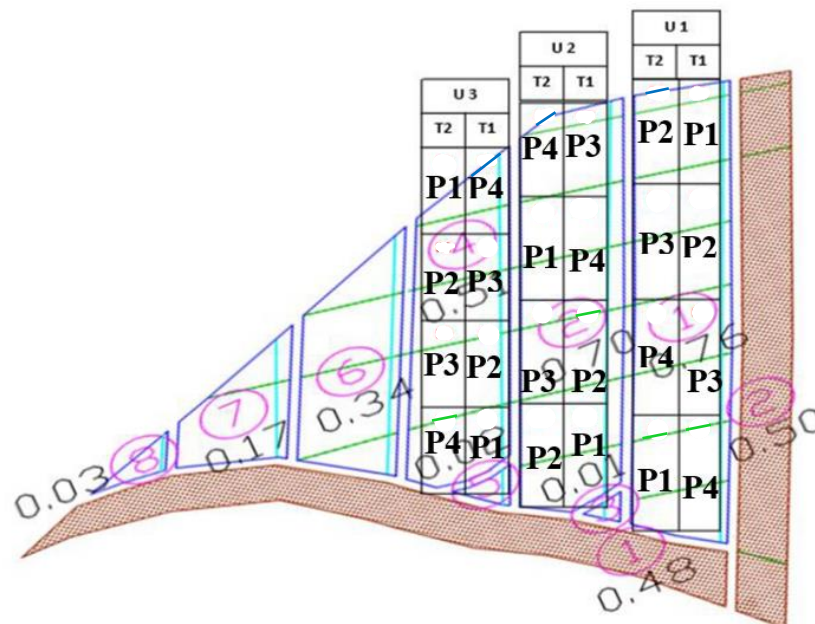
Tabel 2. Interaksi perlakuan pengolahan tanah (T) dan kompos (P).

|                | 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> |

Keterangan: T<sub>1</sub>=Bajak tanah kedalaman 30 cm + pencacahan tanaman nanas 1 kali;  
 T<sub>2</sub>= Bajak tanah kedalaman 40 cm + pencacahan tanaman nanas 2 kali;  
 P<sub>1</sub>= Kompos GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub>= Kompos GGP 40 Ton ha<sup>-1</sup> + *biochar* 10 Ton ha<sup>-1</sup> (di lapang); P<sub>3</sub>= Kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup>; P<sub>4</sub>=  
 Kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> + *enrich* mikroba 40 L ha<sup>-1</sup>

Kompos yang digunakan adalah kompos kotoran sapi, limbah ampas kulit dan ampas bromelin. *Biochar* yang digunakan adalah cacahan bambu dan ampas bromelin.

Vermikompos yang digunakan merupakan limbah organik dari PT Great Giant Pineapple yang di dekomposisi cacing. Total perlakuan yang digunakan 8 perlakuan, dengan 3 ulangan sehingga didapatkan sebanyak 24 satuan percobaan. Denah tata letak percobaan dapat dilihat pada (Gambar 4).



Gambar 4. Tata letak percobaan aplikasi kompos

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Lahan

Persiapan lahan pada petak utama T<sub>1</sub> dimulai dari *chopping* (penghancuran sisa tanaman nanas) menggunakan *chopping berty*, aplikasi biopest + *Liquid Organic Biofertilizer* (LOB) dekomposer, pembajakan (*disk plow* 30 cm), *Finishing Harrow* Kecil (FHK), *finishing*, pre fungisida (metalaksil), dan *ridger* + aplikasi pupuk sesuai perlakuan. Kemudian persiapan lahan pada petak utama T<sub>2</sub> dimulai dari *chopping* (penghancuran sisa tanaman nanas) menggunakan *chopping berty*, aplikasi biopest + *Liquid Organic Biofertilizer* (LOB) dekomposer, *chopping* LU, pembajakan (*moldboard* 40 cm), *disk plow* 30 cm, *Finishing Harrow* Kecil (FHK), *finishing*, pre fungisida (metalaksil), dan *ridger* + aplikasi pupuk sesuai perlakuan.

#### 3.4.2 Aplikasi Pupuk

Aplikasi pupuk dilakukan berdasarkan perlakuan penelitian dan pemupukan dengan standar budidaya tanaman nanas di PT GGP. Pengaplikasian pupuk dilakukan berdasarkan perlakuan yang sudah ditetapkan yaitu yang Kompos GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> (bahan baku berasal dari limbah kotoran sapi 98,25% + *biochar* bambu 1,75%) (P<sub>1</sub>), Kompos GGP 40 Ton ha<sup>-1</sup> + *biochar* 10 Ton ha<sup>-1</sup> di lapang (P<sub>2</sub>), Kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> (kompos 96,75% + *biochar* 1,75% + vermikompos 1,5%) (P<sub>3</sub>), dan Kompos premium GGP 50 Ton ha<sup>-1</sup> + *enrich* mikroba (*Pseudomonas* sp. (MPF), *Azospirillum* sp. (N-*fixer*), *Azotobacter* dan *Beuveria*) 40 L ha<sup>-1</sup> (P<sub>4</sub>). Aplikasi pupuk dilakukan berdasarkan perlakuan yang diaplikasikan pada waktu 7 hari sebelum tanam dan di aplikasikan dengan metode larikan.

#### 3.4.3 Penanaman

Penanaman dilakukan pada satuan petak percobaan dengan menggunakan bibit 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 melalui penyiraman, penyulaman, pemupukan, pengendalian gulma, serta pengendalian hama dan penyakit. Selain itu, dilakukan juga penyemprotan pupuk *foliar* hingga mencapai tahap *forcing*, sesuai dengan Standar Budidaya Tanaman (SBT) PT. GGP. Pupuk yang digunakan meliputi urea,  $K_2SO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $FeSO_4$ , dan  $ZnSO_4$ , yang dicampur dengan air dan diaplikasikan langsung ke tanaman melalui penyemprotan.

#### **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, 6, dan 9 bulan setelah tanam yaitu pada bulan Januari 2024 sampai Oktober 2024. Sampel tanah yang digunakan untuk analisis nisbah dispersi diambil pada pukul 08.00 WIB sampai dengan 12.00 WIB.

Kemudian, sampel tanah tersebut dikeringkan dengan cara diangin-anginkan atau dijemur di tempat yang teduh agar kandungan air dalam tanah berkurang secara alami tanpa merusak struktur atau komposisi kimia tanah. Setelah itu, tanah dibawa ke laboratorium. Pada sampel tanah yang digunakan untuk analisis variabel pendukung berupa distribusi mikroagregat, tekstur tanah, dan C-organik diambil bersamaan dengan pengambilan sampel tanah variabel utama.

### 3.5 Variabel Pengamatan

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

Tabel 3. Variabel pengamatan penelitian.

| No | Parameter                  | Metode                   | Refrensi                        |
|----|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1  | Utama                      |                          |                                 |
|    | a) Nisbah Dispersi         | Middleton (1930)         | Afandi (2019)                   |
| 2  | Pendukung                  |                          |                                 |
|    | a) Distribusi Mikroagregat | Middleton (1930)         | Afandi (2019)                   |
|    | b) Tekstur Tanah           | <i>Hydrometer</i>        | Afandi (2019)                   |
|    | c) C-organik               | <i>Walkley and Black</i> | <i>Walkley and Black</i> (1934) |

#### 3.5.1 Analisis Variabel Utama

##### 1. Nisbah Dispersi (Middleton 1930).

Variabel utama yang diamati pada penelitian ini yaitu nisbah dispersi tanah. Dispersi adalah penganalisisan sifat-sifat fisika tanah dengan cara melepaskan butir-butir primer tanah satu sama lain. Untuk mengetahui nilai perbandingan dispersi tanah dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan 2 cara analisis yaitu, analisis tekstur tanah dengan penambahan Natrium Hexametaphospate ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+air yang akan menghasilkan % fraksi terdispersi dan analisis tekstur tanah dengan menggunakan air saja yang akan menghasilkan % fraksi tidak terdispersi. Analisis tekstur tanah dilakukan dengan menggunakan metode *hydrometer*

Prosedur analisis dengan penggunaan Natrium Hexametaphospate ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+Air, dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. 50 g tanah lolos ayakan 2 mm dimasukan kedalam gelas Erlenmeyer 500 ml, tambahkan 100 ml air dan 25 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % kemudian dibiarkan semalaman.
2. Setelah itu suspensi dipanaskan diatas *hotplate* dan ditambahkan 10 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, setelah mendidih angkat suspensi dari atas *hotplate* kemudian dinginkan.

3. Setelah suspensi dingin, dimasukan 100 ml larutan Natrium Hexametaphosphate ( $(\text{NaPO}_3)_6$ ) 5% dan dibiarkan semalaman.
4. Suspensi diaduk dengan *mixer* selama 5 menit, lalu dimasukan ke dalam tabung sedimentasi 1000 ml dan ditambahkan air hingga mencapai 1000 ml.
5. Setelah itu suspensi diaduk dengan menggunakan batang pengaduk. Selajutnya nyalakan *stopwatch* bersamaan dengan diangkatnya alat pengaduk, setelah 20 detik, masukan *hydrometer* secara perlahan lalu baca angka yang ditunjukan *hydrometer* pada detik ke 40 sebagai  $H_1$ .
6. Lalu angkat *hydrometer* dan dimasukan Termometer untuk mengukur suhu ( $T_1$ ).
7. Suspensi dibiarkan setelah 2 jam lakukan pembacaan kedua ( $H_2$ ).
8. Blanko dibuat dengan cara memasukan 100 ml Natrium Hexametaphosphate ( $(\text{NaPO}_3)_6$ ) 5% dan air kedalam tabung sedimentasi hingga menjadi 1000 ml tanpa menambahkan tanah dan lakukan pengukuran yang sama.

Prosedur analisis dengan penggunaan air saja dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. 50 g tanah dimasukan kedalam gelas Erlenmeyer 500 ml. Kemudian ditambahkan 100 ml air kedalam Erlenmeyer.
2. Setelah itu suspensi dikocok dengan alat pengocok selama 5 menit, lalu masukan kedalam tabung sedimentasi 1000 ml dan ditambahkan air hingga mencapai 1000 ml.
3. Kemudian diaduk suspensi dengan menggunakan batang pengaduk.
4. Nyalakan *stopwatch* bersamaan dengan diangkatnya alat pengaduk, setelah 20 detik masukan *hydrometer* secara perlahan lalu baca angka yang ditunjukan *hydrometer* pada detik ke 40 sebagai  $H_1$ .
5. Lalu angkat *hydrometer* dan masukan termometer untuk mengukur Suhu ( $T_1$ ).
6. Biarkan suspensi dan lakukan pembacaan kedua setelah 2 jam ( $H_2$ ).

Persentase pasir, debu, dan liat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ debu} + \% \text{ liat} = \frac{(H_1 - B_1) + FK}{BK \text{ tanah}} \times 100\%$$

$$\% \text{ liat} = \frac{(H_2 - B_2) + FK}{BK \text{ tanah}} \times 100\%$$

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

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

$$BK \text{ tanah} = \frac{BB}{(1 + KA)}$$

Keterangan:

BB = Berat Basah Tanah

BK = Berat Kering Tanah

KA = Kadar air tanah

H<sub>1</sub> = Angka *Hydrometer* pada 40 detik

H<sub>2</sub> = Angka *Hydrometer* pada 120 detik

B<sub>1</sub> = Angka *Hydrometer* blanko pada 40 detik

B<sub>2</sub> = Angka *Hydrometer* blanko 120 detik

FK = Faktor koreksi (FK = 0,36 (T-20))

T = Suhu suspensi yang diukur setelah 40 detik (T<sub>1</sub>) atau setelah 120 menit (T<sub>2</sub>)

Nisbah dispersi tanah dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Middleton (1930), sebagai berikut:

$$\text{Nilai Dispersi} = \frac{\% \text{ liat dan debu tidak terdisper}}{\% \text{ liat dan debu terdisper}}$$

Data yang diperoleh kemudian dihitung dalam bentuk persen dan diinterpretasikan pada Tabel 3. interpretasi data nisbah dispersi berikut ini:

Tabel 4. Interpretasi data nisbah dispersi (Elges, 1985 dalam Afandi, 2019).

| Nilai Dispersi (%) | Interpretasi        |
|--------------------|---------------------|
| <15                | Tidak terdispersi   |
| 15-30              | Sedikit terdispersi |
| 30-50              | Terdispersi sedang  |
| >50                | Sangat terdispersi  |

### 3.5.2 Analisis Variabel Pendukung

#### 1. Distribusi Mikroagregat

Nisbah dispersi merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengetahui besarnya mikroagregat yang terbentuk. Dengan menggunakan nisbah dispersi dapat diketahui juga besarnya ikatan yang terbentuk secara absorpsi (mekanisme lem) maupun secara elektrostatik (mekanisme jembatan kation). Distribusi mikroagregat merupakan analisis yang dilakukan untuk melihat mekanisme ikatan yang terjadi antara partikel tanah, baik yang berikatan langsung (mekanisme lem) maupun dengan jembatan kation (mekanisme *cation bridge*). Distribusi mikroagregat dianalisis dengan menggunakan presentase kandungan liat pada tanah yang terdispersi atau kandungan liat yang sebenarnya dengan kandungan liat pada tanah yang tidak terdispersi atau kandungan liat yang masih berikatan dengan fraksi seperti bahan organik dan kation. Pada analisis dengan menggunakan bahan pendispersi Natrium Hexametaphosphate ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) 5% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % tanah akan mengalami pendispersian atau pelepasan partikel-partikel tanah sehingga diperoleh butiran fraksi yang sebenarnya. Pada analisis tanpa penambahan bahan pendispersi, dispersi yang terjadi hanya pada ikatan lemah.

Hasil analisis diperoleh berdasarkan perhitungan berikut:

Affandi dkk (2018) menjelaskan ikatan yang terjadi antar partikel tanah akibat bahan organik dan kation dapat dibagi menjadi dua bentuk

1. Ikatan akibat mekanisme pengeleman ("*glue mechanism*")
2. Ikatan akibat "jembatan kation"

Dari hasil analisis nisbah dispersi dapat dihitung mekanisme yang ada:

1. % liat yang diakibatkan mekanisme pengeleman

$$C_g = \% \text{ debu tidak terdispersi} - \% \text{ debu terdispersi}$$

Debu tidak terdispersi diambil dari hasil analisis tekstur tanah menggunakan air.

Debu terdispersi diambil dari hasil analisis tekstur tanah menggunakan bahan pendispersi.

2. % liat akibat mekanisme jembatan kation

$$C_c = \% \text{ pasir tidak terdispersi} - \% \text{ pasir terdispersi}$$

Pasir tidak terdispersi diambil dari hasil analisis tekstur tanah menggunakan air.

Pasir terdispersi diambil dari hasil analisis tekstur tanah menggunakan bahan pendispersi.

Total agregat mikro yang terbentuk:  $C_{ag} = C_g + C_c$

## 2. Tekstur Tanah

Untuk mengetahui tekstur tanah pada sampel yang telah diambil dilakukan dengan menggunakan metode *hydrometer*. Penentuan fraksi tanah menggunakan metode *hydrometer* yang mengacu pada analisis nisbah dispersi tanah (Middleton, 1930).

## 3. C-organik

Analisis kandungan C-organik dilakukan menggunakan metode *Walkey and Black*.

Pertama, sebanyak 0,500 x g tanah kering udara atau 0,05x g untuk sample pupuk organik (jika perkiraan kandungan organiknya tinggi maka berat penimbangan sampel dikurangi), kemudian tanah tersebut dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL. Tambahkan tepat 10 ml larutan Kalium Dikromat 1,0 N, goyang-goyangkan



erlenmeyer sehingga sampelnya terendam atau tercampur. Dengan hati-hati segera tambahkan 20 ml Asam Sulfat 96%. Kemudian, goyang-goyangkan erlenmeyer selama 1 menit sampai terjadi reaksi dan biarkan selama 30 menit – 1 jam agar reaksinya sempurna (lakukan diruang asam). Tambahkan 10 ml Asam Phosphat 85% dan aquades sampai volume 200 ml, kocok sampai homogen dan biarkan dingin. Kemudian, tambahkan 10 ml tetes indikator Diphenylamin atau 5 tetes indikator Ferroin (jika menggunakan indikator Ferroin maka penambahan Asam Phosphat tidak diperlukan). Titrasi dengan larutan Ferro Sulfat 0,5 N sampai terjadi perubahan warna dari coklat menjadi biru sampai hijau terang (jika menggunakan indikator Ferroin, sebagai titik akhir dari warna kehijauan kemudian berubah menjadi hijau tua. Pada titik ini, tambahkan setetes demi setetes  $\text{FeSO}_4$  sampai berubah warna tajam dari biru menjadi merah (warna merah dalam Cahaya yang dipantulkan dengan latar belakang putih)).

$$\% \text{ C-organik} = \frac{(B-S) \times N \text{ FeSO}_4 \times 3 \times 1,14 \times 100}{\text{mg sampel}} \times MF$$

Keterangan:

|                   |                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------|
| B                 | = ml $\text{FeSO}_4$ 0,5 N untuk titrasi blanko |
| S                 | = ml $\text{FeSO}_4$ 0,5 N untuk titrasi sampel |
| 3                 | = Berat Ekuivalen C dalam mg                    |
| 1,14              | = Faktor Oksidasi                               |
| N $\text{FeSO}_4$ | = Normalitas $\text{FeSO}_4$                    |
| MF                | = <i>Moisture Factor</i>                        |

Perhitungan kadar Bahan Organik (BO):

$$\% \text{BO} = \% \text{C Org} \times 100/58$$

Tabel 5. Kriteria nilai kandungan C-organik tanah.

| No | Nilai C-organik % | Kategori      |
|----|-------------------|---------------|
| 1  | <1                | Sangat rendah |
| 2  | 1-2               | Rendah        |
| 3  | 2-3               | Sedang        |
| 4  | 3-5               | Tinggi        |
| 5  | 5                 | Sangat tinggi |

Sumber: Pusat Penelitian Tanah (2009).

### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis homogenitas ragamnya dengan uji Bartlett sedangkan 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 5%. Untuk mengetahui hubungan antara mikroagregat, tekstur tanah, dan C-organik dengan variabel utama akan dilakukan uji korelasi.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### a. Simpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. Pengolahan tanah tidak berpengaruh nyata dalam menurunkan nisbah dispersi. Pengolahan tanah dengan bajak 40 cm dan pencacahan tanaman nanas 2 kali ( $T_2$ ) termasuk dalam kategori terdispersi sedang pada semua fase pengamatan.
2. Aplikasi pupuk kompos premium GGP 50 Ton  $ha^{-1}$  + *enrich* mikroba tidak berpengaruh nyata dalam menurunkan nisbah dispersi dan termasuk dalam kategori terdispersi sedang pada semua fase pengamatan.
3. Tidak terdapat interaksi dalam pengolahan tanah dan aplikasi pupuk kompos dalam menurunkan nisbah dispersi.

### b. Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kompos premium GGP yang diperkaya mikroba memiliki potensi dalam memperbaiki stabilitas agregat tanah, namun pengaruhnya terhadap nisbah dispersi masih berubah-ubah seiring waktu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji lebih mendalam dinamika populasi dan aktivitas mikroba dalam tanah serta pengaruhnya terhadap pembentukan dan stabilitas agregat. Selain itu, karena proses dekomposisi bahan organik dan *biochar* memerlukan waktu yang cukup lama, diperlukan pengamatan jangka Panjang untuk mengevaluasi perubahan nisbah dispersi secara berkelanjutan. Hal ini penting mengingat bahan organik dan *biochar* membutuhkan waktu yang

cukup lama untuk terdekomposisi secara sempurna dan berinteraksi dengan partikel liat dalam membentuk agregat mikro yang stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A. 2007. *Teknologi dan Strategi Konservasi Tanah dalam Kerangka Revitalisasi Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Jakarta. 7.
- Afandi. 2019. *Fisika Tanah*. CV. Anugrah Utama Raharja. Anggota IKAPI. Bandar Lampung. 90 hlm.
- Afandi. 2019. *Metode Analisis Fisika Tanah*. CV. Anugrah Utama Raharja. Anggota IKAPI. Bandar Lampung. 163 hlm.
- Akhmad, R. S. 2018. *Bahan organik tanah: klasifikasi, fungsi dan metode studi*. Lambung Makurat University Press. Banjarmasin. hlm 58.
- Al Hady, N., Manfarizah, M., dan Basri, H. 2023. Kajian Sifat Fisika Tanah pada Berbagai Kelas Umur Tanaman Kelapa Sawit di Kecamatan Langsa Baro Kota Langsa. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 8(4): 770-782.
- Al-Musyafa, M. N., Afandi., 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): 66-69.
- Arifaldi, R. 2022. Pengaruh Beberapa Kompos Kotoran Ternak terhadap Parameter Lingkungan Mikro Ultisol. *Skripsi*. Universitas Andalas. Padang. 65 hlm.

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air* (2<sup>nd</sup> Edition). IPB Press. Bogor.
- Aryani, N., Hendarto, K., Wiharso, D., dan Niswati, A. 2019. Peningkatan Produksi Bawang Merah Dan Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Akibat Aplikasi Vermikompos Dan Pupuk Pelengkap. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1(1): 145-160.
- Artawan, G. B. A. B., Tika, I. W., dan Sucipta, N. 2019. Pengolahan tanah menggunakan bajak singkal lebih sedikit memerlukan air irigasi daripada bajak rotary. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*. 7(1): 120-126.
- Astari, K., Yuniarti, A., dan Sofyan, E. T. 2016. Pengaruh kombinasi pupuk N, P, K dan vermikompos terhadap kandungan C-organik, N total, C/N dan hasil kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) kultivar edamame pada Inceptisols Jatinangor. *Jurnal Agroekoteknologi*. 8(2): 95-103.
- Badan Pusat Statistik (BPS). Statistik Pertanian Hortikultura SPH. diakses dari <https://lampung.bps.go.id/indicator/55/615/1/produksi-buah-buahan-menurut-jenis-tanaman.html> tanggal 14 November 2024 pada jam 09.00 WIB.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknis Edisi 2: *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. BPT. Bogor. Hal 246.
- Bawamenewi, T. A., dan Lase, N. K. 2025. Peran Mikrobiologi dalam Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Pupuk Organik. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1): 53-63.
- 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 comusus* L. MERR.) on red acid soil, Lampung, Indonesia. *GEOMATE Journal*. 19(76): 33-39.
- Chaturvedi, K., Singhwane, A., Dhangar, M., Mili, M., Gorhae, N., Naik, A., ... dan Verma, S. 2024. Bamboo for producing charcoal and *biochar* for versatile applications. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 14(14): 15159-15185.
- COLEACP (Comité de liaison Europe-Afrique-Caraïbes-Pacifique). 2011. *Itinéraire technique: Ananas Cayenne Ananas comusus*. Brussels: Programme PIP, COLEACP-UGPIP.
- Dewi, N.M.E., Setiyo, Y., dan Nada, I. 2017. Pengaruh Bahan Tambahan pada Kualitas Kompos Kotoran Sapi. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)* 5(1): 76-82.

- Doo, S. R. P., Meitiniarti, V. I., Kasmiyati, S., dan Kristiani, E. B. E. 2023. *Trichoderma* spp., Si Jamur Multi Fungsi: 1) Karakter *Trichoderma* dan Posisinya dalam Klasifikasi, 2) Peran *Trichoderma* Dalam Pengendalian Penyakit, 3) *Trichoderma* sebagai Pupuk Hayati, 4) *Trichoderma* Sebagai Elistor Produksi Metabolis Sekunder Tanaman, 5) Pemanfaatan Gen dari *Trichoderma* dalam Pembentukan Tanaman Transgenik, 6) Peran *Trichoderma* sebagai Agen Bioremediasi, 7) Prospek Pemanfaatan *Trichoderma* di Indonesia. *Tropical Microbiome*. 1(1): 73-89.
- Enshasy, H. A., Ambehabati, K. K., El Baz, A. F., Ramchuran, S., Sayyed, R. Z., Amalin, D., dan Hanapi, S. Z. 2020. *Trichoderma*: Biocontrol Agents for Promoting Plant Growth and Soil Health. *Agriculturally Important Fungi for Sustainable Agriculture*. 1 (2): 239-259.
- Fadilah, P., Manfarizah, M., dan Darusman, D. 2021. Pengaruh Ukuran Partikel *Biochar* Bambu Terhadap Sifat Fisika Tanah, Kadar Hara N, P, K dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) Selama Dua Musim Tanam (Jagung-Kedelai). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(3): 294-302.
- Fahrudin, F. 2009. Budidaya Caisim (*Brassica Juncea* L.) Menggunakan Ekstrak Teh dan Pupuk Kascing. *Skripsi*. Surakarta: Program Studi Agronomi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 30 hlm.
- FAO. 2006. *Guidelines for Soil Description*. 4<sup>th</sup> ed. FAO. Rome.
- FAO-Unesco. 1974. *Soil map of the world 1:50000000 Vol.1 Legend*. Unesco. Paris.
- Fitria, U., Zuraida, Z., dan Ilyas, I. 2018. Pengaruh Pemberian Vermikompos Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Ultisol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 3(4): 885-896.
- Fukami, J., Cerezini, P., and Hungria, M. 2018. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *Amb Express*. 8(1): 73.
- Gautam, S.S., S.K. Mishra, V. Dash, A.K. Goyal, and G. Rath. 2010. Comparative Study of Extraction, Purification and estimation of bromelain from stem and fruit of pineapple plant. *J. Pharm. Sci*. 34: 67-76.
- Glaser, B., Lehmann, J., dan Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and fertility of soils*. 35: 219-230.
- Gulo, S. S., Gea, R., dan Lase, N. K. 2024. Penggunaan mikroorganisme dalam pengelolaan limbah pertanian untuk meningkatkan kesuburan tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(2): 88-93.

- Gulo, A., dan Waruwu, J. 2024. Analisis Dampak Pengolahan Tanah Terhadap sifat Fisika Dan Kualitas Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(1): 217-222.
- Gurav, M. V. dan Pathade G. R. 2011. Production of Vermicompost from Temple Waste (Nirmalya): A Case Study, Universal. *Journal of Environmental Research and Technology*. 1(2): 182-19.
- Hadi, A., dan Gunawan, T. 2015. Peran mikroorganisme pengikat nitrogen dalam mendukung produktivitas tanaman. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*. 7(2), 45–52.
- Halis, S., Syakur, S., dan Darusman, D. 2022. Pengaruh Pemberian Serut Bambu dan *Biochar* Serut Bambu Terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7(4): 1035-1043.
- Hazra, F., Dianisa, N., dan Widyastuti, R. 2018. Kualitas Dan Produksi Vermikompos Menggunakan Cacing African Night Crawler (*Eudrilus Eugeniae*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 20 (2): 77-81.
- Helmi., Ilyas., Khalil, M., Putra I., dan Afrizal. 2022. Provision of organic materials and increasing soil fertility in liberica tangse coffee land, pidie regency. *Serambi Journal of Agricultural Technology*. 4(1): 17-26.
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat menggunakan *Biochar*. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2 (1): 51-61.
- Hidayat, B., Lubis, N. A., dan Sabrina, T. 2021. Pengaruh penggunaan *biochar* biomassa kelapa sawit terhadap aktivitas mikroorganisme pada tanah ultisol. *Jurnal Agro Estate*. 5(1): 14-24.
- Hidayat, M., dan Suryani, P. 2024. Perbaikan Sifat Kimia Tanah Bekas Galian C yang Diberi *Biochar* Bambu dan Mikroba Selulolitik: Improvement of The Chemical Properties of Exquated Soil with Bamboo *Biochar* and Cyllostic Microbe. In *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Peternakan*. 2(1): 35-46).
- Hilel, D. 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press. New York. hlm 55-65.
- Indria, A. T. 2005. Pengaruh Sistem Pengolahan Tanah dan Pemberian Macam Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 44 hlm.



- Intarti, D. Y., Kurniasari, I., dan Sudjianto, A. 2020. Efektivitas agen hayati *Beauveria bassiana* dalam menekan hama Thrips sp. pada tanaman cabai rawit (*Capcicum frutescens* L.). *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 13(1): 10-15.
- Iswanto, D., dan Yuliana, R. 2021. Pengaruh PGPR terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 23(3): 187–195.
- Jambak, M. K. F. A., Baskoro, D. P. T., dan Wahjunie, E. D. 2017. Karakteristik sifat fisik tanah pada sistem pengolahan tanah konservasi (Studi Kasus: Kebun Percobaan Cikabayan). *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 44-50.
- Jumarni, J., Widjajanto, D., dan Hasanah, U. 2021. Perubahan kemantapan agregat dan natrium dapat tertukar sebagai akibat pemberian pupuk kandang kambing pada tanah sodik sidondo lembah palu. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (E-Journal)*. 9(1): 233-239.
- 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.
- Kusumawati, N. 2011. Evaluasi Perubahan Temperatur, Ph dan Kelembaban Media Pada Pembuatan Vermikompos dari Campuran Jerami Padi Dan Kotoran Sapi Menggunakan Lumbricus Rubellus. *Jurnal Inotek* 15(1): 45-56.
- Laia, D., dan Lase, N. K. 2024. Peran Bakteri Bacillus Dan Pseudomonas Bagi Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(2): 177-183.
- Lelu, P. K., Situmeang, Y. P., dan Suarta, M. 2018. Aplikasi biochar dan kompos terhadap peningkatan hasil tanaman jagung (*Zea Mays* L.). *Gema Agro*. 23(1): 24-32.
- Lepongbulan, W., Tiwow, V. M., dan Diah, A. W. M. 2017. Analisis unsur hara pupuk organik cair dari limbah ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) danau lindu dengan variasi volume mikroorganisme lokal (MOL) bonggol pisang. *Jurnal Akademika Kimia*. 6(2): 92-97.
- Lestari, D. S., Brata, K. R., dan Widyastuti, R. 2017. Pengaruh Trichoderma Sp. dan Molase terhadap Sifat Biologi Tanah di Sekitar Lubang Resapan Biopori pada Latosol Darmaga. *Buletin Tanah dan Lahan*. 1 (1): 17-22.
- Mpanga, I. K., Dapaah, H. K., Geistlinger, J., Ludewig, U., dan Neumann, G. 2018. Soil type-dependent interactions of P-solubilizing microorganisms with organic and inorganic fertilizers mediate plant growth promotion in tomato. *Agronomy*. 8(10): 213.

- Mulyani, A., dan Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 7(1): 132-196.
- Murnita, M., dan Taher, Y. A. 2021. Dampak pupuk organik dan anorganik terhadap perubahan sifat kimia tanah dan produksi tanaman padi (*Oriza sativa* L.). *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah*. 15(2): 67-76.
- Nainggolan, J. 2024. Pemanfaatan mikroorganisme tanah untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas pertanian. *literacy notes*. 2(1): 1-7.
- Nizatillah, D., Bulan, R., dan Yunus, Y. 2019. Kajian kedalaman penggunaan bajak singkal terhadap perubahan sifat fisika-mekanika, kapasitas lapang dan kebutuhan bahan bakar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4(1): 608-617.
- Nopriandi, N., Savilla, S. A., Dewi, B. C., dan Putro, L. H. S. 2024. Analisis Kandungan C-Organik dan Dampaknya terhadap Kesuburan Tanah di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Kemampo Banyuasin. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 4(2): 1111-1121.
- Novitasari, D. 2018. Respons Pertumbuhan dan Produksi Selada (*Lactuca Sativa* L.) terhadap Perbedaan Komposisi Media Tanam dan Interval Waktu Aplikasi Pupuk Organik Cair. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Unila. Lampung. 13-14 hlm.
- Nurida, N. L. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 8(3): 57-68.
- Nusantara, A. D., Kusmana, C., Mansur, I., Darusman, L. K., dan Soedarmadi, S. 2010. Pemanfaatan Vermikompos untuk Produksi Biomassa Legum Penutup Tanah dan Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 12 (1): 26-33.
- Panagea, I. S., Apostolakis, A., Berti, A., Bussell, J., Čermak, P., Diels, J., ... dan Wyseure, G. 2022. Impact of agricultural management on soil aggregates and associated organic carbon fractions: analysis of long-term experiments in Europe. *Soil*. 8(2): 621-644.
- Pandey, D., Agrawal, M., and Bohra, J. S. 2014. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. *Soil dan Tillage Research* 136:51– 60.
- Paradelo, R., dan Barral, M. T. 2013. Influence of organic matter and texture on the compactability of Technosols. *Catena*. 110: 95-99.

- Pranoto, S. H., Yatim, H., dan Ahmad, S. D. H. 2021. Pengaruh Pemberian Kompos Kotoran Hewan Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea Mays* L). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Pertanian*. 1 (3): 82-87.
- Prihutomo, D. A. 2017. Pengaruh Pengolahan Tanah Terhadap Kepadatan Tanah dan Produksi Tanaman Apel di Kusuma Agrowisata Batu. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang. 48 hlm.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, Junaedi, A. S., Gunawan, B., Junairiah, Firgiyanto, R., dan Arsi. 2021. *Tanah Dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis. Medan. 133 hlm.
- Ramadhani, W. S., Soemarno, S., Cahyono, P., Rahmat, A., Septiana, L. M., dan Prasetyo, D. 2022. Pengaruh rotasi tanam dengan pisang cavendis pada kejenuhan aluminium dan KTK efektif di pertanaman nanas, Lampung Tengah. *Journal of Tropical Upland Resources (J. Trop. Upland Res.)*. 4(1): 39-45.
- Rayyandini, K., Banuwa, I. S., dan Afandi, A. 2017. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemberian Herbisida Terhadap Aliran Permukaan dan Erosi pada Fase Generatif Pertanaman Singkong (*Manihot utilissima*) Musim Tanam Ke-2. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(1).
- Rodrigues, M. Â., Ladeira, L. C., dan Arrobas, M. 2018. Azotobacter-enriched organic manures to increase nitrogen fixation and crop productivity. *European Journal of Agronomy*. 93: 88-94.
- Rohim, A. M., Napoleon, A., Imanuddin, M.S., dan Rossa, S. 2012. Pengaruh Vermikompos Terhadap Perubahan Kemasaman (pH) dan P-Tersedia Tanah. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Palembang. 1-11.
- Sanchez, P.A., 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. A Wiley and Sons. New York.
- Simanjuntak, B. H. 2013. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Terhadap Stabilitas Agregat Tanah Pada Sistem Pertanian Organik. *Agric*. 25(1): 51-57.
- Situmeang, Y. P dan M, Suarta. 2016. The Effect of Biochar Bamboo on Growth and Results of Kangkung (*Ipomoea Reptans* P). *Journal Impact Factor*. 35 (2): 462 – 468
- Situmeang, Y. P., K. A. Sudewa dan P. P. Holo. 2017. Utilization Biochar Bamboo and Compost in Improving Yield of Pakcoy Plant. *Journal of Biological and Chemical Research*. 34(2): 713-722.

- Situmeang, Y. P., Adnyana, I. M., Subadiyasa, I. N. N., dan Merit, I. N. 2018. Effectiveness of Bamboo *Biochar* combined with compost and NPK fertilizer to improved soil quality and corn yield. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 8(5): 2241-2248.
- Soil Science Division Staff. 2017. *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture Handbook No.18.
- Solyati, A., dan Kusuma, Z. 2017. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Aplikasi Mulsa terhadap Sifat Fisik, Perakaran, dan Hasil tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 4(2): 553-558.
- Sossa, E. L., Agbangba, C. E., Amadji, G. L., Agbossou, K. E., dan Hounhouigan, D. J. 2019. Integrated influence of soil tillage, nitrogen–potassium fertiliser and mulching on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) growth and yield. *South African Journal of Plant and Soil*. 36(5): 339-345.
- Subandi, R. D., Afandi, A., Afrianti, N. A., dan Banuwa, I. S. 2024. Pengaruh system olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap distribusi agregat tanah dalam pertanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada tanah ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(3): 733-741.
- Sujana, I. P. 2015. Pengelolaan tanah ultisol dengan pemberian pembenah organik *biochar* menuju pertanian berkelanjutan. *Agrimeta*. 5(09): 89640.
- Suparta, K., Kartini, L., dan Situmeang, Y. P. 2018. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah Pada Aplikasi *Biochar* Bambu. *Gema Agro*. 23(1): 18-23.
- Sutrisno, N., dan Heryani, N. 2013. Teknologi Konservasi Tanah dan Air Untuk Mencegah Degradasi Lahan Pertanian Berlereng. *J. Litbang Pert*. 32(3): 122-13.
- 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 Sumberadaya Lahan*. 1 (1): 85-92.
- Tisdall, J.M., dan Oades, J.M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*. 33: 141-163.
- Totsche, K. U., Amelung, W., Gerzabek, M. H., Guggenberger, G., Klumpp, E., Knief, C., ... dan Kögel-Knabner, I. 2017. Microaggregates in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 180(4): 381–409.

- Traore, O., Groleau-Renaud, V., Plantureux, S., Tubeileh, A., dan Boeuf-Tremblay, V. 2000. Effect of root mucilage and modelled root exudates on soil structure. *European Journal of Soil Science*. 51(4): 575-581.
- Umam, K., Kusnarta, I. G. M., dan Mahrup, M. 2022. Analisis Nisbah Dispersi dan Stabilitas Agregat Tanah pada Penggunaan Lahan Sistem agroforestri di Lahan Miring. *Journal of Soil Quality and Management*. 1(1): 46-53.
- Utami, R. W., Lestariningsih, I. D., Wicaksono, K. S., Anggara, A. D., dan Lathif, S. 2024. Pengaruh Tutupan Lahan Dan Curah Hujan Terhadap Sifat Fisik Tanah Serta Debit Mata Air Di Hutan Cempaka, Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*. 11(1): 271-281.
- Wahyudi, A., Suryanto, R., dan Fitriani, D. 2018. Aplikasi mikrobiologi tanah dalam sistem pertanian organik. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(4): 250–265.
- Wahyunto, dan Dariah, A. 2014. Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing, Karakteristik, dan Penyeragaman Definisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 8(2): 1-93.
- Walida, H., Harahap, D. E., dan Zuhirsyan, M. 2020. Pemberian Pupuk Kotoran Ayam dalam Upaya Rehabilitasi Tanah Ultisol Desa Janji yang Terdegradasi. *Jurnal Agrica Ekstensia*. 14(1):75-80.
- Wawan, M. P. 2017. *Pengelolaan Bahan Organik*. Tenesa. Pekanbaru, Riau. 130 hlm.
- Widnyana, I. K., Raka, D. N., Javandira, C., Sukerta, I., dan Ari Arjaya, I. B. 2017. *Caru kearifan lokal Bali: Tinjauan manfaat dalam kesuburan dan biodiversitas tanah*. Univeristas Mahasaraswati Press. Denpasar. Hal 31.
- Wihardjaka, A. 2021. Dukungan pupuk organik untuk memperbaiki kualitas tanah pada pengelolaan padi sawah ramah lingkungan. *Jurnal Pangan*. 30(1): 53-64.
- Yulina, H., Devnita, R., dan Harryanto, R. 2018. Hubungan Bobot Isi dan Kemantapan Agregat Tanah Andisol Lembang terhadap Biomassa Tanaman Jagung Manis setelah dilakukan Kombinasi Terak Baja dan Bokashi Sekam Padi. *Jurnal Agro Wiralodra*. 1(2) :43-47.
- Zendrato, E. T. A., dan Lase, N. K. 2025. Peran Mikroorganisme dalam Meningkatkan Produktivitas Tanaman: Pendekatan Bioteknologi Berbasis Mikrobiologi Pertanian. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*. 2(1): 142-151.

Zuraida, P.A. dan Nuraini, Y. 2021. Pengaruh Aplikasi Kompos Kotoran Sapi dan Paitan Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya*. 8 (1): 123-233.