

**PENGARUH PUPUK ORGANIK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
DAN PUPUK NPK TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT PADA
PERTANAMAN JAGUNG DI TANAH BERPASIR**

Skripsi

Oleh

**RIZKI ABDILLAH
NPM. 1914181013**



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

**PENGARUH PUPUK ORGANIK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
DAN PUPUK NPK TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT PADA
PERTANAMAN JAGUNG DI TANAH BERPASIR**

Oleh

RIZKI ABDILLAH

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH PUPUK ORGANIK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN PUPUK NPK TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT PADA PERTANAMAN JAGUNG DI TANAH BERPASIR

Oleh

Rizki Abdillah

Lahan yang digunakan oleh petani Desa Marga Agung, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan merupakan lahan dengan jenis tanah berpasir. Kondisi kemantapan agregat pada tanah berpasir pada umumnya tergolong lemah. Hal tersebut disebabkan karena tanah berpasir memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Bahan organik yang terkandung di dalam tanah memiliki fungsi sebagai lem perekat antar partikel tanah. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir dapat dilakukan dengan cara pemberian pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK terhadap kemantapan agregat tanah serta variabel pendukung kemampuan tanah menahan air, struktur tanah, C-organik tanah, dan komponen produksi tanaman jagung. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 kelompok dan 7 perlakuan yaitu, A (Kontrol), B (1 NPK), C ($\frac{3}{4}$ NPK), D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ Pupuk Organik), E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 Pupuk Organik), F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 $\frac{1}{2}$ Pupuk Organik), dan G (1 NPK + 1 Pupuk Organik). Analisis di laboratorium menggunakan metode ayakan kering dan basah. Data dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan hasil analisis dengan kriteria kelas penetapan yang ada. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK belum mampu meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir dan terjadi penurunan nilai indeks kemantapan agregat dari sampel sebelum diberi perlakuan dengan sampel sesudah diberi perlakuan.

Kata kunci : Tanah berpasir, kemantapan agregat tanah, pupuk organik, tandan kosong kelapa sawit, ayakan kering dan basah

ABSTRACT

THE EFFECT OF ORGANIC FERTILIZER OF OIL PALM EMPTY Bunch AND NPK FERTILIZER ON AGGREGATE STABILITY IN CORN PLANTING ON SANDY SOIL

By

Rizki Abdillah

The land used by farmers in Marga Agung Village, Jati Agung District, South Lampung Regency is land with sandy soil. The condition of aggregate stability in sandy soil is generally classified as weak. This is because sandy soil has a low organic matter content. The organic material contained in the soil functions as an adhesive glue between soil particles. Efforts that can be made to increase aggregate stability in sandy soil can be done by applying organic fertilizer from empty oil palm fruit bunches and NPK fertilizer. This research aims to study the effect of the application of organic fertilizer from oil palm empty fruit bunches and NPK fertilizer on the stability of soil aggregates as well as supporting variables on the soil's ability to hold water, soil structure, soil organic C, and corn plant production components. This research method uses a Randomized Block Design (RAK) with 4 groups and 7 treatments, namely, A (Control), B (1 NPK), C ($\frac{3}{4}$ NPK), D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ Organic Fertilizer), E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 Organic Fertilizer), F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 $\frac{1}{2}$ Organic Fertilizer), and G (1 NPK + 1 Organic Fertilizer). Analysis in the laboratory uses dry and wet sieve methods. The data was analyzed quantitatively by comparing the results of the analysis with the existing class determination criteria. The results of this research indicate that the application of organic fertilizer from empty oil palm fruit bunches and NPK fertilizer has not been able to increase aggregate stability in sandy soil and there has been a decrease in the aggregate stability index value between samples before being treated and samples after being treated.

Keywords : Sandy soil, soil aggregate stability, organic fertilizer, empty oil palm fruit bunches, dry and wet sieve

Judul Skripsi

**: PENGARUH PUPUK ORGANIK TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT DAN PUPUK NPK
TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT
PADA PERTANAMAN JAGUNG DI TANAH
BERPASIR**

Nama Mahasiswa

: Rizki Abdillah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1914181013

Program Studi

: Ilmu Tanah

Fakultas

: Pertanian



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Afandi, M.P.

NIP. 196611031988031003

Dr. Ir. Didin Wiharso, M.Si.

NIP. 196107051986031005

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.

NIP. 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Dr. Ir. Didin Wiharso, M.Si.**

Penguji : **Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **2 November 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengaruh Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk NPK terhadap Kemantapan Agregat pada Pertanaman Jagung di Tanah Berpasir” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari DIPA Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang dilakukan bersama dengan dosen Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yaitu:

1. Dr. Ir. Afandi, M.P.
2. Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
3. Dr. Ir. Didin Wiharso, M.Si.
4. Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc.

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

Bandar Lampung, 2 November 2023

Penulis,



Rizki Abdillah
NPM 1914181013

RIWAYAT HIDUP

Rizki Abdillah. Penulis dilahirkan di Gunung Batin pada tanggal 3 April 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Feri Setyawan dan Ibu Dina Oktaviani. Penulis memulai pendidikan formal di TK Satya Dharma Sudjana, Gunung Madu pada tahun 2006-2007, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 4 Gunung Madu pada tahun 2007-2013. Penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama Satya Dharma Sudjana Gunung Madu pada tahun 2013-2016 dan kemudian melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Natar pada tahun 2016-2019.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Pada tahun 2022 bulan Januari hingga Februari, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Gunung Batin Udik, Kec. Terusan Nunyai, Kab. Lampung Tengah. Penulis melaksanakan Praktik Umum di Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Kab. Lampung Selatan pada bulan Juni hingga Agustus tahun 2022.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi internal kampus, yaitu Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (Gamatala) sebagai anggota Bidang Pendidikan dan Pelatihan periode 2020/2021, lalu menjadi Ketua Bidang Penelitian dan Pengembangan periode tahun 2022, kemudian di tahun 2023 penulis menjabat sebagai Ketua Badan Pengawas Organisasi. Penulis memiliki pengalaman menjadi asisten praktikum beberapa mata kuliah, yaitu Kimia Dasar dan Fisika Tanah.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah, 2:286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah, 94:5)

“Jangan banyak mengeluh, mengeluh hanya akan membuat hidup kita semakin tertekan, perbanyaklah bersyukur karna dengan bersyukur akan membarwa kita pada jalan kemudahan”

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas segala kenikmatan dan anugerah-Nya yang tidak terbatas, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian proses penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “**Pengaruh Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk NPK terhadap Kemantapan Agregat Pada Pertanaman Jagung di Tanah Berpasir**”. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi sebagian syarat utama dalam mencapai gelar Sarjana Pertanian, pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dan membantu dalam proses penelitian maupun dalam penyelesaian skripsi, yaitu kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan dosen pembahas yang telah memberikan saran, kritik, dan arahan kepada penulis untuk penyempurnaan skripsi.
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 pertama yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, saran, nasihat, dan motivasi serta membimbing penulis dalam melaksanakan rangkaian proses penelitian hingga penulisan skripsi.
4. Bapak Dr. Ir. Didin Wiharso, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, saran, nasihat, dan motivasi serta membimbing penulis dalam melaksanakan rangkaian proses penelitian hingga penulisan skripsi.

5. Bapak Dedy Prasetyo, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran, arahan, dan motivasi kepada penulis dalam rangkaian proses perkuliahan, penelitian hingga penulisan skripsi.
6. Bapak dan Ibu dosen Universitas Lampung, dan secara khusus Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberi begitu banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
7. Karyawan dan karyawan di Jurusan Ilmu Tanah atas semua bantuan dan kerjasama yang telah diberikan.
8. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Feri Setyawan dan Ibu Dina Oktaviani serta Adikku tersayang Fatia Amalia yang selalu memberikan doa dan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Ines Israita Nurbaiti yang selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan perhatian dan semangat untuk penulis.
10. Rekan-rekan seperjuangan Ilmu Tanah 2019 (Beni Irawan, Desva Melia Sari, Diah Safitri Handayani, Muhammad Frayoga Janata, Abdi Fawwas Pasya, Anisa Ari Fitriani, Jessica Amarastha Hayu Panjerratri, Teva Agnes Arianti, Zakiyya Nabeela Albajili, Galih Setiawan, Annur Mutiatul Khomsah, Rizki Abdillah, Al Adelia Mei Sandi, Marcelin Dinata, Deva Maharani Wirakrama, Muhammad Sofyan Syah, Tri Lestari, Dimas Arianto Nugroho, Reka Tiana, Rachelia Novia Amanda, Ade Putri Aisyah, Galuh Novillia Puspita, Wulandari, Dinda Adelia Pramesti, Mella Rose Wijayanti, Reky Ramadhani, Maisyaroh, Selfy Nursyifa, Desi Lestari, Danang Arjuana, Muhammad Rizki, Kurnia Rahma Dani, Tazkia Assyifa Nur, Annida, Alfina Damayanti, Indra Riswanto, Ezta Kharisma Wijayanti, Nuki Aisyah, Andika Ferdiansyah, Mahadma Yuso Diningrat, Meidita Husnulia Pubian Turi, Cindy Fidia Salsabilla, Ersya Julia Ananda, Dian Estuning Passawane, Shinta Azharani Safiudin, dan Muhammad Andri Saputra), yang selalu kebersamai, memberikan doa, dukungan, motivasi, nasihat, kritik dan saran, serta memberikan banyak pengalaman baru selama penulis menjalankan studi.
11. Saudara seperjuangan Halo-Halo Lampung, yang selalu ada dalam suka maupun duka, selalu menemani keseharian penulis dan selalu kompak dalam memberikan dukungan, bantuan, doa, dan semangat yang luar biasa sejak awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan skripsi.

12. Keluarga Gamatala (Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Unila) yang sudah memberikan banyak pengalaman luar biasa dalam hidup penulis.
13. Semua pihak yang telah berjasa dan terlibat dalam penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga Allah SWT membalas atas segala kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan semua.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini dan jauh dari kata sempurna. Penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan, saran, nasihat, dan kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun dan menyempurnakan agar lebih baik lagi dimasa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca. Terimakasih.

Bandar Lampung, 2 November 2023

Penulis,

Rizki Abdillah

NPM 1914181013

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Tanah Berpasir.....	10
2.2 Struktur dan Agregasi Tanah.....	11
2.3 Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit	13
2.4 Kemantapan Agregat	15
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat.....	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.4.1 Sampling Tanah.....	19
3.4.2 Persiapan Lahan	20
3.4.3 Pengaplikasian Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit	20
3.4.4 Penanaman	20
3.4.5 Pemupukan.....	21
3.4.6 Pemeliharaan	21
3.4.7 Pemanenan	22
3.5 Variabel Pengamatan.....	22
3.5.1 Variabel Utama	23
3.5.2 Variabel Pendukung	25
3.6 Analisis Data dan Penyajian Hasil.....	30

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil.....	33
4.1.1 Analisis Sampel Tanah Awal	33
4.1.2 Kemantapan Agregat	32
4.1.3 Kapasitas Menahan Air.....	33
4.1.4 Agregat Tanah	36
4.1.5 C-Organik	39
4.1.6 Produksi Tanaman Jagung.....	40
4.2 Pembahasan	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian	8
2. Segitiga tekstur tanah	11
3. Plot lahan penelitian.....	18
4. Titik lokasi pengambilan sampel tanah pada petak percobaan.....	19
5. Pengujian sampel tanah dengan <i>sandbox</i>	26
6. Pengujian dengan tekanan uap	27
7. Penentuan skor pada <i>soil structure</i> (Shepherd, 2008).....	29
8. Kurva kadar air volumetrik	34
9. Kurva 50% kumulatif hasil ayakan	38
10. <i>Vissual assesment</i> perlakuan A (kontrol).....	87
11. <i>Vissual assesment</i> perlakuan B (1 NPK).....	87
12. <i>Vissual assesment</i> perlakuan C ($\frac{3}{4}$ NPK).....	87
13. <i>Vissual assesment</i> perlakuan D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ pupuk organik).....	88
14. <i>Vissual assesment</i> perlakuan E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 pupuk organik)	88
15. <i>Vissual assesment</i> perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 pupuk organik).....	88
16. <i>Vissual assesment</i> perlakuan G (1 NPK + 1 pupuk organik).....	89
17. Visual jagung perlakuan A (kontrol).....	90
18. Visual jagung perlakuan B (1 NPK)	90
19. Visual jagung perlakuan C ($\frac{3}{4}$ NPK)	90
20. Visual jagung perlakuan D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ pupuk organik).....	91

21. Visual jagung perlakuan E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 pupuk organik).....	91
22. Visual jagung perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 pupuk organik)	91
23. Visual jagung perlakuan G (1 NPK + 1 pupuk organik).....	92
24. Visual jagung setelah oven perlakuan A (kontrol).....	93
25. Visual jagung setelah oven perlakuan B (1 NPK)	93
26. Visual jagung setelah oven perlakuan C ($\frac{3}{4}$ NPK)	93
27. Visual jagung setelah oven perlakuan D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ pupuk organik).....	93
28. Visual jagung setelah oven perlakuan E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 pupuk organik)	94
29. Visual jagung setelah oven perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 pupuk organik)	94
30. Visual jagung setelah oven perlakuan G (1 NPK + 1 pupuk organik).....	94
31. Residu pupuk organik tandan kosong kelapa sawit perlakuan C ($\frac{3}{4}$ NPK) ..	95
32. Residu pupuk organik tandan kosong kelapa sawit perlakuan D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ pupuk organik).....	95
33. Residu pupuk organik tandan kosong kelapa sawit perlakuan E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 pupuk organik).....	95
34. Residu pupuk organik tandan kosong kelapa sawit perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 pupuk organik).....	96
35. Residu pupuk organik tandan kosong kelapa sawit perlakuan G (1 NPK + 1 pupuk organik).....	96
36. Pembajakan lahan penelitian dengan <i>hand tractor</i>	97
37. Pengaplikasian pupuk organik tandan kosong kelapa sawit seminggu sebelum tanam	97
38. Pengaplikasian pupuk NPK.....	97
39. Tanaman jagung sebulan setelah tanam.....	98
40. Pengamatan tanaman jagung.....	98
41. Hasil panen tanaman jagung pipil	98
42. Pengambilan sampel tanah penelitian sebelum panen	99
43. Proses kering udara sampel tanah terganggu dan tidak terganggu	99

44. Proses analisis ayakan kering kemantapan agregat.....	99
45. Proses analisis ayakan basah kemantapan agregat.....	100
46. Proses analisis ayakan basah kemantapan agregat lanjutan.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit (R&D PT. Sucofindo Cibitung Laboratory, 2023)	14
2. Perlakuan Uji Efektivitas Pupuk Organik (Afandi, 2022)	18
3. Variabel Pengamatan Penelitian	22
4. Perhitungan Kemantapan Agregat Tanah dengan Pengayakan Kering	23
5. Indeks Kemantapan Agregat	24
6. Kriteria Kemampuan Pori-Pori Tanah Memegang Air (LPT, 1980)	25
7. Perkiraan Penilaian Agregat Tanah Berdasarkan Hasil Persentase Ayakan ...	28
8. Analisis Sampel Tanah Awal	33
9. Hasil Analisis Kemantapan Agregat	33
10. Kadar Air Volumetrik (Hidayah, 2023)	34
11. Pengaruh NPK dan pupuk organik tandan kosong kelapa sawit terhadap kemampuan tanah menahan air (Hidayah, 2023).....	35
12. Rata-rata Persentase Hasil Ayakan Agregat Tanah	36
13. Rerata Berat Diameter Agregat Tanah.....	37
14. Rata-rata Kumulatif Persentasi Hasil Ayakan Agregat Tanah.....	37

15. Pengaruh Aplikasi Pupuk NPK dan Pupuk Organik TKKS Terhadap Kandungan C-Organik Tanah	39
16. Pengaruh Aplikasi NPK Dan Kombinasi Pupuk Organik TKKS Terhadap C-Organik Tanah Berpasir	40
17. Ringkasan Hasil Analisis Ragam Pengaruh Aplikasi NPK dan Kombinasi Pupuk Organik TKKS Terhadap Produksi Tanaman Jagung	41
18. Data Berat Tanah dan Volume Tanah pada pF 0 (Jenuh)	61
19. Data Kadar Air Gravimetrik dan Volumertik pada pF 0 (Jenuh).....	62
20. Data Berat Tanah dan Volume Tanah pada pF 1	63
21. Data Kadar Air Gravimetrik dan Volumertik pada pF 1.....	64
22. Data Berat Tanah dan Volume Tanah pada pF 2 (Kapasitas Lapang).....	65
23. Data Kadar Air Gravimetrik dan Volumertik pada pF 2 (Kapasitas Lapang)	66
24. Data Berat Tanah pada pF 4.2 (Titik Layu Permanen)	67
25. Data Kadar Air Gravimetrik dan Volumertik pada pF 4.2 (Titik Layu Permanen)	68
26. Data Bulk Density	69
27. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan A (Kontrol)	70
28. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan B (1 NPK).....	70
29. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan C ($\frac{3}{4}$ NPK).....	71
30. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ Pupuk Organik).....	71
31. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 Pupuk Organik).....	72
32. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 Pupuk Organik).....	72
33. Data Hasil Analisis Ayakan Kering Perlakuan G (1 NPK + 1 Pupuk Organik).....	73

34. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan A (Kontrol)	73
35. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan B (1 NPK)	74
36. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan C ($\frac{3}{4}$ NPK)	74
37. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ Pupuk Organik).....	75
38. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 Pupuk Organik).....	75
39. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 Pupuk Organik).....	76
40. Data Hasil Analisis Ayakan Basah Perlakuan G (1 NPK + 1 Pupuk Organik).....	76
41. Data Hasil Analisis Kemantapan Agregat.....	77
42. Data Hasil Ayakan Struktur Tanah	78
43. Data Persentase Hasil Ayakan Struktur Tanah	79
44. Kandungan C-Organik Tanah	80
45. Kandungan C-Organik Tanah Hasil Transformasi \sqrt{x}	80
46. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Kandungan C-Organik Tanah.	81
47. Analisis Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Kandungan C-Organik Tanah.....	81
48. Pengaruh Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Bobot Kering 100 Biji Jagung.....	82
49. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Bobot Kering 100 Biji Jagung.....	82
50. Analisis Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Bobot Kering 100 Biji Jagung.	83

51. Pengaruh Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Produksi Jagung	83
52. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Produksi Jagung	84
53. Analisis Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Produksi Jagung.....	84
54. Pengaruh Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Diameter Jagung.....	85
55. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Diameter Jagung.....	85
56. Analisis Ragam Hasil Aplikasi NPK dan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Diameter Jagung	86
57. Pengaruh aplikasi NPK dan kombinasi pupuk organik TKKS terhadap produksi tanaman jagung.	86

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lahan yang digunakan oleh petani Desa Marga Agung, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan merupakan lahan dengan tanah berpasir. Tanah berpasir memiliki komposisi fraksi pasir yang cukup dominan dan memiliki banyak pori makro sehingga sulit untuk menahan unsur hara dan air, tingkat kesuburan pada tanah berpasir juga tergolong rendah (Sutanto, 2005). Kondisi tersebut mengakibatkan unsur hara dan air yang dibutuhkan oleh tanaman cepat hilang karena pencucian serta penguapan. Oleh karena itu, pemberian pupuk kimia pada tanah berpasir cenderung kurang efektif apabila tanpa dilakukan perbaikan struktur dan agregasi tanah terlebih dahulu (Pangaribuan, 2020).

Kondisi kemandapan agregat pada tanah berpasir pada umumnya tergolong lemah. Hal tersebut disebabkan karena tanah berpasir memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Bahan organik yang terkandung di dalam tanah memiliki fungsi sebagai lem perekat antar partikel tanah. Kay and Anger (1999) melaporkan bahwa untuk menjaga kemandapan agregat tanah diperlukan minimum 2% kandungan C-organik di tanah dan kandungan C-organik berkisar diantara 1,2 – 1,5% menyebabkan kemandapan agregat tanah menurun. Stalling (1957), menyatakan bahwa untuk memperoleh agregat tanah yang mantap, perlu adanya masukan bahan-bahan perekat ke dalam tanah seperti liat, bahan organik, dan zat-zat lendir yang dihasilkan oleh mikroorganisme, sehingga butir-butir tanah dapat merekat kuat satu sama lain dan membentuk agregat yang mantap.

Salah satu limbah organik yang ketersediaannya masih sangat banyak adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan limbah padat dari hasil pengolahan pada perkebunan kelapa sawit. Pemanfaatan limbah TKKS hingga saat ini masih terbatas hanya sebagai sumber kalium setelah proses pembakaran. Banyaknya limbah TKKS yang belum diolah secara optimal tersebut sebenarnya memiliki manfaat besar untuk dikonversikan menjadi pupuk organik sebagai bahan pembenah tanah yang diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi pada tanah berpasir (Adiguna dan Aryantha, 2020).

Bahan pembenah tanah atau *soil conditioner* merupakan bahan-bahan alami, organik (sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia), atau mineral dalam bentuk padat maupun cair yang memiliki fungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Suriadikarta dkk., 2005). *Soil conditioner* memiliki pengaruh jangka panjang untuk perbaikan kualitas kesuburan tanah (C-organik tanah dan KTK), karena *soil conditioner* memiliki sifat rekalsitran, lebih tahan terhadap oksidasi, dan lebih stabil dalam tanah. Selain itu, *soil conditioner* memiliki waktu tinggal cukup lama di dalam tanah, sehingga bisa menjadi penyimpan karbon yang baik (Wolf, 2008). Aplikasi bahan pembenah tanah memiliki tujuan untuk (1) memperbaiki struktur dan agregasi tanah dan mengurangi atau mencegah terjadinya erosi, (2) merubah sifat hidrophobik (sifat tidak suka air) dan hidrofilik (sifat yang suka air) sehingga meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, serta (3) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Dariah dkk., 2007).

Proses terbentuknya agregat tanah dibagi menjadi dua yaitu, flokulasi dan fragmentasi. Flokulasi merupakan keadaan partikel tanah yang semula terdispersi kemudian menyatu membentuk agregat, sedangkan fragmentasi merupakan keadaan partikel tanah yang semula dalam keadaan masif kemudian terpecah membentuk agregat yang lebih kecil (Santi, 2008). Ukuran agregat memiliki hubungan dengan sifat tanah dalam melakukan kontak pada akar, lalu lintas udara dan air pada tanah, mudah tidaknya dalam proses penanaman, dan evaluasi hasil pengolahan tanah (Afandi, 2019). Sebaran agregat merupakan indikator penting untuk kualitas fisik tanah. Tanah dengan keadaan agregat yang stabil akan

mempertahankan sifat-sifat tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman dan ketersediaan air lebih lama dibandingkan dengan agregat tanah yang kurang stabil (Zhu *et al.*, 2017).

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan produksi tanaman selain perbaikan media tanam adalah nutrisi tanaman. Nutrisi utama yang dibutuhkan oleh tanaman yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), apabila nutrisi tersebut tidak terpenuhi maka akan berdampak negatif terhadap kemampuan pertumbuhan dan hasil tanaman (Vine, 1953). N, P, dan K memiliki fungsi sebagai proses metabolisme dan biokimia sel tanaman (Nurtika dan Sumarni, 1992). Nitrogen memiliki fungsi sebagai pembangun asam nukleat, protein, bioenzim, dan klorofil (Sumiati, 1989), dan fungsi fosfor bagi tanaman ialah sebagai pembangun asam nukleat, fosfolipid, bioenzim, protein, senyawa metabolik, dan merupakan bagian dari ATP (Adenosin Trifosfat) yang penting dalam transfer energi (Sumiati, 1983), sedangkan kalium memiliki fungsi sebagai pengatur keseimbangan ion-ion dalam sel, mengatur berbagai mekanisme metabolik seperti fotosintesis, metabolisme karbohidrat dan translokasinya, sintetik protein yang berperan dalam proses respirasi dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Hilman dan Noordiyati, 1988).

Oleh karena itu perlu adanya penelitian dari aplikasi limbah tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK terhadap kemantapan agregat pada tanah berpasir di desa Marga Agung. Aplikasi limbah tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki kesuburan tanah, kemantapan agregat tanah, memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi tanaman pada tanah berpasir. Indikator pada penelitian ini adalah tanaman jagung, karena dinilai memiliki responsibilitas yang tinggi terhadap beberapa jenis unsur hara. Selain itu, permintaan yang tinggi terhadap jagung tidak seimbang dengan ketersediaan dan menyebabkan permintaan tersebut tidak terpenuhi. Maka perlu adanya peningkatan kualitas dan kuantitas hasil dengan tetap memperhatikan kelestarian lingkungan (Lestari dkk., 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah penambahan pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK sebagai pembenah tanah mampu meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir?
2. Berapakah dosis pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK yang optimum untuk meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mempelajari pengaruh aplikasi pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK dalam meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir.
2. Untuk mempelajari dosis pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK yang optimum dalam meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir.

1.4 Kerangka Pemikiran

Karakteristik yang dimiliki tanah berpasir cukup berbeda dari jenis tanah mineral lainnya. Tekstur tanah merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah pada tanah berpasir. Tekstur tanah memiliki peran penting bagi pergerakan air dalam tanah. Tekstur tanah tidak hanya mempengaruhi seberapa cepat air bergerak melalui tanah, tetapi juga mempengaruhi gerakan air. Air akan bergerak hampir lurus ke bawah melalui tanah berpasir, sedangkan gerakan lateral akan lebih banyak terjadi pada tanah dengan kandungan liat yang tinggi (Brady and Ray, 2008). Tekstur tanah tidak hanya mempengaruhi sifat fisik tanah, tetapi juga kimia tanah. Semakin tinggi kandungan pasir, semakin rendah kandungan C-Organik, hara P dan K potensial dan Al-dd (Suharta 2010; Hou *et al.*, 2013).

Pada kedalaman 100 cm, tanah berpasir memiliki fraksi liat kurang dari 18% dan fraksi pasir lebih dari 68% (Bruand *et al.*, 2014), namun ada pendapat lain yang mengatakan bahwa pada kedalaman 30 cm, tanah berpasir memiliki fraksi liat kurang dari 20% dan fraksi pasir lebih dari 50% (Hengl *et al.*, 2017). Ukuran pori makro pada tanah berpasir lebih banyak dibandingkan dengan tanah liat. Tanah dengan kondisi pori makro lebih banyak cenderung sulit dalam menahan air sehingga tanaman sangat mudah kekeringan (Hardjowigeno, 2003).

Pada umumnya, tanah berpasir dapat ditemukan pada ordo tanah Alfisols, Aridisols, Inceptisols, Mollisols, Oxisols, Spodosols, dan Ultisols (Huang dan Hartemink, 2020). Kendala yang sering ditemukan pada tanah berpasir adalah kemampuan memegang air rendah, tingkat evaporasi dan infiltrasi tinggi, serta rendahnya kandungan unsur hara (Alshankiti 2016; Abdelfattah 2013; Pain *et al.*, 2015; Gill 2016; Al-Muaini *et al.*, 2019; Ksiksi *et al.*, 2019). Selain itu, kapasitas tukar kation (KTK) pada tanah berpasir juga rendah, berbeda dengan tanah yang didominasi oleh liat dan debu, hal tersebut disebabkan oleh kandungan liat dan bahan organik yang sangat rendah (Tarigan dkk., 2015). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yost dan Hartemink (2019a, b), melaporkan bahwa kapasitas tukar kation (KTK) pada tanah berpasir berkisar 3,8 – 11,5 cmol kg⁻¹.

Proses pembentukan agregat tanah dengan ukuran yang berbeda dilakukan oleh agen pengikat organik yang berbeda. Agregat makro (> 250 µm) dihipotesiskan terbentuk dari partikel tanah yang diikat oleh jaringan akar halus dan hypha pada tanah dengan kandungan C-organik > 2%. Agregat mikro (20-250 µm) terbentuk dari agregasi partikel tanah dengan berbagai pengikat anorganik dan bahan organik partikulat (*particulate organic matter*) yang berfungsi sebagai substrat untuk aktivitas mikroorganisme yang akhirnya menghasilkan bahan-bahan pengikat organik untuk proses mikroagregasi (Saidy 2018).

Kondisi tanah yang kekurangan bahan organik dapat mengakibatkan berat isi tanah meningkat sehingga porositas tanah, kadar air kapasitas lapang, dan

kemantapan agregat tanah akan menurun (Li *et al.*, 2007). Kondisi agregat tanah menjadi salah satu indikator penting dalam melakukan budidaya pertanian atau perkebunan, karena agregat tanah yang stabil dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik terutama untuk perkembangan akar tanaman yang berpengaruh terhadap porositas, aerasi, dan daya menahan air. Kondisi agregat tanah yang kurang stabil, ketika mengalami gangguan akan mudah hancur dan partikel hasil hancuran dapat menutupi pori-pori tanah sehingga dapat meningkatkan bobot isi tanah, aerasi tanah yang buruk, dan permeabilitas menjadi lebih lambat (Santi dkk., 2008).

Tindakan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan pada Tanah berpasir dapat dilakukan dengan pemupukan, baik pemberian pupuk organik maupun pupuk anorganik berupa pupuk tunggal N, P, dan K. Kononova (1999) menyatakan bahwa pemberian pupuk organik dapat memberikan dampak positif bagi tanah yaitu berupa pembentukan struktur dan agregat tanah yang mantap sehingga dapat dengan baik mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sedangkan pupuk tunggal N, P, dan K memiliki peranan penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman, yang mana ketiga unsur tersebut saling berinteraksi dalam membantu pertumbuhan tanaman. Dalam memperoleh unsur nitrogen dapat digunakan pupuk urea dan ZA, unsur P diperoleh dari pupuk TSP/SP-36, serta unsur K dapat diperoleh dari pupuk KCl dan ZK (Rauf dkk., 2000). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah dkk (2017), menunjukkan bahwa pemupukan NPK berpengaruh baik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung, perlakuan dosis pupuk NPK sebanyak 200 kg/ha, 100 kg P₂O₅ / ha, dan 75 kg K₂O/ha memberikan pengaruh paling baik terhadap semua peubah pengamatan. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurtika dan Sumarni (1992), yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk N, P, dan K meningkatkan bobot buah per tanaman paling tinggi pada tanaman tomat.

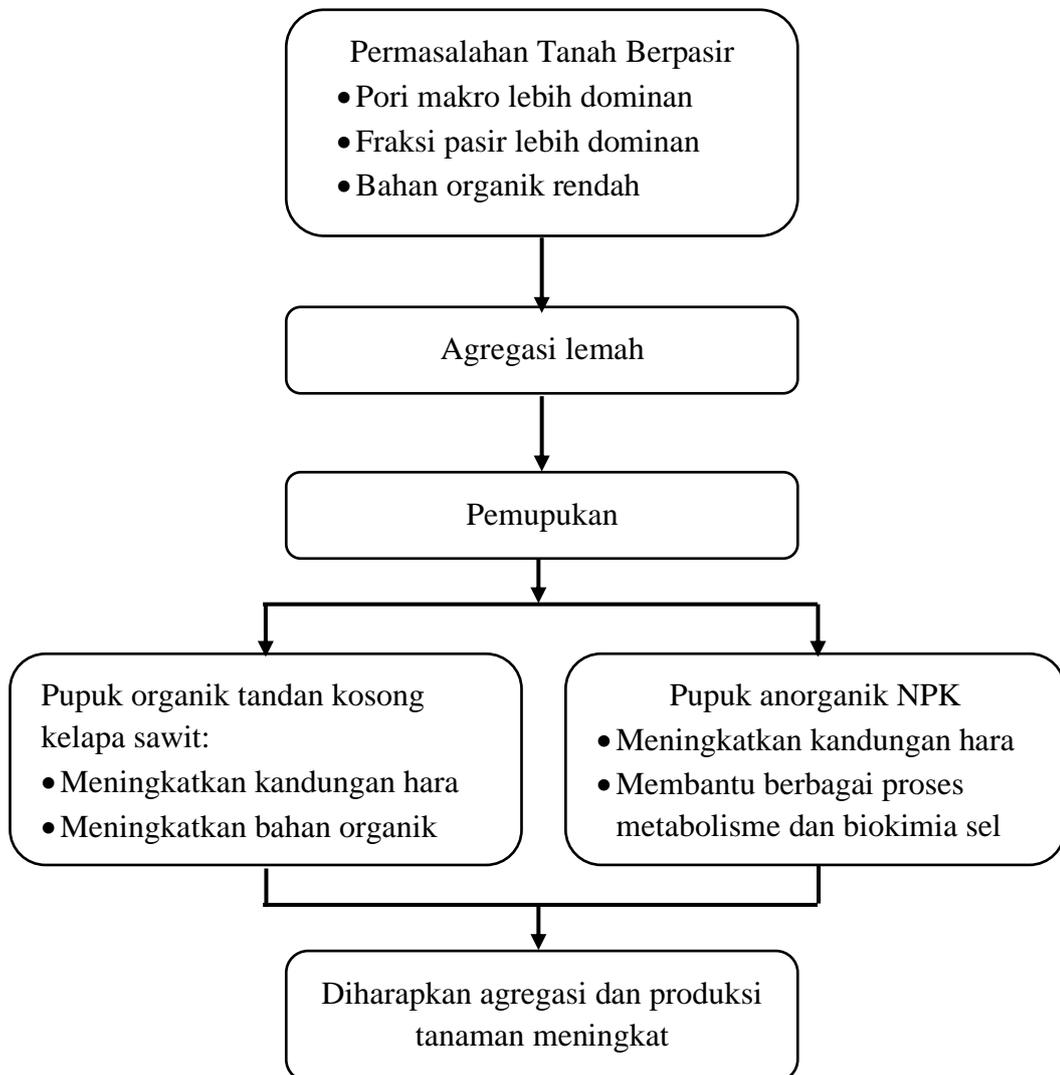
Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik dan sedikit pupuk anorganik mampu memberikan pengaruh positif terhadap produksi tanaman hortikultura. Penelitian yang dilakukan oleh Lestari dkk., (2010)

memberikan hasil bahwa aplikasi kompos sampah kota dan kombinasi kompos sampah kota dengan pupuk anorganik pada pertanaman jagung manis tidak jauh berbeda produksinya dengan tanaman yang diaplikasikan pupuk anorganik 100% rekomendasi. Sarno (2009) menyatakan bahwa aplikasi pupuk NPK dengan pupuk kandang memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan NPK 100% atau hanya pupuk kandang saja. Begitu juga dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tandisau (2005), menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik memberikan dampak positif terhadap perbaikan pertumbuhan dan hasil cabai.

Limbah tandan kosong kelapa sawit memiliki potensi besar untuk dikonversikan menjadi pupuk organik. Limbah TKKS menjadi limbah utama yang dihasilkan dari proses pengolahan buah kelapa sawit, yang mana dalam satu kali proses pengolahan tandan buah segar sebesar 1 ton, dapat menghasilkan 22-23% atau 220-230 Kg limbah TKKS (Rahmadi dkk., 2014). Berdasarkan hasil penelitian, limbah TKKS yang sudah diolah menjadi pupuk kompos memiliki kandungan hara berupa N total (1,91%), K (1,51%), Ca (0,83%), P (0,54%), Mg (0,09%), C-organik (51,23%), C/N ratio (26,82), dan pH (7,13) (Hayat dan Andayani, 2014). Selain itu, TKKS memiliki komposisi kimia meliputi selulosa 45,95%; hemiselulosa 22,84%; lignin 16,49%; minyak 2,41%; dan abu sebanyak 1,23% (Adiguna dan Aryantha, 2020). Pupuk organik dari limbah TKKS memiliki manfaat besar dalam perbaikan sifat fisik tanah karena dapat meningkatkan kandungan hara dan bahan organik pada tanah, yang mampu menciptakan kondisi struktur dan agregat tanah yang mantap serta kemampuan menahan air akan menjadi lebih baik (Rozy dkk., 2013).

Penambahan pupuk organik ke dalam tanah dengan pembentukan agregat tanah memiliki keterkaitan, yang mana tingkat agregasi tanah berbanding lurus dengan pemberian bahan organik ke dalam tanah. Pupuk organik memiliki peran bagi tanah dalam meningkatkan butiran primer tanah menjadi butiran sekunder dalam pembentukan kondisi agregat yang mantap (Simanungkalit dkk., 2006). Menurut hasil penelitian Albiach *et al* (2001), pemberian pupuk organik ke dalam tanah

menjadi bahan pengikat antar partikel tanah sehingga terbentuk agregat. Lumbanraja (2012) menyatakan bahwa bahan organik memiliki peran dalam proses perekatan partikel-partikel tanah menjadi partikel yang lebih besar (agregat tanah) dan pembentukan struktur mikro atau struktur kersai.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

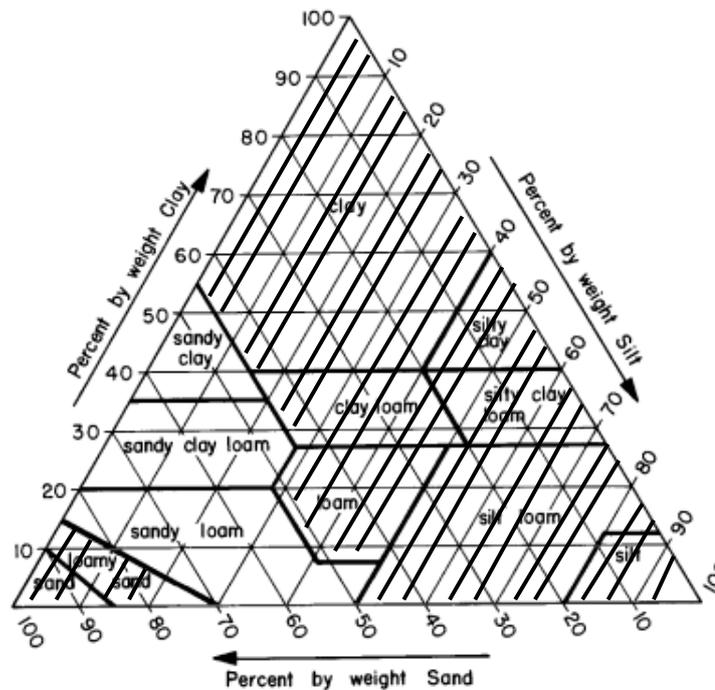
1. Penambahan pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK mampu meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir.
2. Penambahan dosis pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dan pupuk NPK yang optimum dalam meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir adalah dosis perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 Pupuk Organik).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Berpasir

Tanah berpasir adalah tanah yang memiliki kandungan fraksi pasir yang cukup dominan yaitu, lebih dari 50% (Sudaryono, 2001). Pada umumnya, kondisi tanah yang dominan dengan fraksi pasir memiliki keterbatasan dalam menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, akibat dari proses pencucian unsur hara yang cukup tinggi, terkhusus unsur N yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (Sudaryono, 2001). Banyak kendala yang ditemukan dalam budidaya pada tanah berpasir, karena tanah berpasir memiliki banyak kekurangan diantaranya yaitu, struktur tanahnya yang lepas, rendahnya tingkat kemampuan tanah dalam menahan air, peka terhadap erosi yang mengakibatkan pencucian unsur hara, dan rendahnya KTK tanah serta kandungan bahan organik pada tanah berpasir (Hardjowigeno, 2007).

Permasalahan yang muncul ketika tanah didominasi oleh fraksi pasir diantaranya adalah: 1) tanah mudah kering, karena kondisi tanah yang porous sehingga air tidak mampu bertahan dalam tanah, sedangkan tanaman memerlukan tingkat kelembaban yang cukup untuk menunjang pertumbuhannya; 2) tanah bertemperatur tinggi, karena air yang berperan dalam melembabkan tanah tidak mampu ditahan oleh tanah, sehingga kondisi pertumbuhan tanaman terhambat; 3) daya ikat hara rendah, yang disebabkan oleh rendahnya tingkat kandungan liat, bahan organik, dan koloid pada tanah berpasir, serta vegetasi yang tumbuh pada tanah berpasir juga rendah, sehingga tidak ada masukan bahan organik dari sisa tanaman; 4) kandungan hara rendah, karena sumber hara sedikit dan lebih khusus pada tanah kuarsa yang sangat miskin hara maka secara otomatis hara yang tersedia untuk tanaman pun rendah (Prasetyo dkk., 2006).



Gambar 2. Segitiga tekstur tanah

Sumber: Hillel, 1980

Dalam segitiga tekstur, tanah berpasir terbagi menjadi tiga yaitu, liat berpasir, lempung liat berpasir, dan lempung berpasir. Berdasarkan hasil analisis tanah awal, tekstur tanah pada lokasi penelitian termasuk ke dalam jenis tekstur lempung berpasir dengan persentase perbandingan fraksi pasir 55.60%, debu 27.02, dan liat 17.38%. Tanah bertekstur lempung berpasir mengandung koloid lebih banyak dan memiliki kemampuan menyerap kation lebih banyak daripada tanah pasir (Buckman and Brady, 1982).

2.2 Struktur dan Agregasi Tanah

Struktur tanah didefinisikan sebagai sifat fisik tanah yang terdiri dari susunan ruang-ruang partikel tanah saling berkaitan satu sama lain sehingga membentuk agregat. Secara morfologi, struktur tanah adalah susunan partikel-partikel primer yang tersusun menjadi satu kelompok partikel dan disebut sebagai agregat, memiliki sifat yang berbeda dari sekumpulan partikel primer yang tidak teragregasi serta dapat dipisah-pisahkan kembali. Secara edafologi, bentuk dan

ukuran agregat tidak terlalu penting dibandingkan dengan faktor lain yang memiliki hubungan dengan struktur tanah (Handayani dan Sunarminto, 2002).

Menurut *Soil Survey Staff* (1993), struktur tanah merupakan agregasi butir tunggal menjadi butir majemuk yang satu sama lainnya dibatasi oleh bidang belah alami. Hillel (1980), menyatakan bahwa struktur tanah terbagi menjadi tiga kategori yaitu, butir tunggal, masif, dan agregat. Berbutir tunggal apabila partikel-partikel tanah dalam keadaan lepas atau terpisah. Dikatakan masif jika keadaan tanah saling terikat dengan kuat pada suatu gumpalan tanah dengan gaya tarik menarik yang besar. Tanah dengan struktur agregat merupakan keadaan tanah diantara butir tunggal dan masif, struktur agregat inilah yang diharapkan untuk tanah-tanah pertanian.

Perkembangan struktur tidak hanya berasal dari satu partikel maupun dari keadaan padat. Struktur merupakan gabungan susunan dari partikel tanah primer (pasir, debu, liat) dan partikel tanah sekunder (ped). Ped dihasilkan melalui beberapa proses yang menggabungkan partikel menjadi kelompok, dan yang dimaksud dengan kelompok adalah ikatan yang kuat sehingga ped terbentuk. Pembentukan ped dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah: (a) akar tanaman yang menyebabkan bergeraknya partikel-partikel tanah sehingga berhubungan erat satu dengan yang lainnya; (b) perpindahan air oleh akar menyebabkan pengikisan dan pemecahan tanah yang juga membantu pembentukan ped; (c) aktivitas mikroorganisme; (d) keadaan lembab dan kekeringan; (e) pembekuan dan pencairan (Foth, 1984).

Proses agregasi tanah merupakan proses dimana partikel primer tanah dengan kadar liat yang cukup berkaitan satu sama lain membentuk partikel sekunder atau agregat (Afandi, 2019). Faktor-faktor yang dapat membantu proses agregasi tanah adalah akar tanaman, eksudat akar, dan mikroorganisme tanah. Tanaman memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembentukan agregat tanah, terutama agregat makro. Proses pembentukan agregat tanah bisa melalui pengikatan oleh akar-akar tanaman, aksi mekanisme akar memecah tanah,

penyerapan air atau transpirasi, hasil eksudat akar, akar-akar mati yang menyumbangkan bahan organik atau lubang bekas akar, dan interaksi akar dengan mikrobia rhizosfer (Afandi, 2019). Proses agregasi juga dapat terjadi diantaranya melalui aksi pembasahan dan pengeringan secara bergantian, aksi fauna tanah terutama cacing tanah, rayap, dan semut (Amezketta, 1999).

Proses penggabungan butir-butir primer menjadi sebuah agregat dipengaruhi oleh beberapa gaya, yaitu: (a) gaya intermolekuler (Gaya Van der Waals London dan ikatan H); (b) gaya kapiler yang timbul oleh adanya meniskus; dan (c) gaya kimia termasuk pengaruh kation yang terabsorpsi. Gaya yang paling penting dalam pembentukan struktur mikro adalah gaya intermolekuler (gaya yang mengikat atom-atom di dalam molekulnya). Gaya intermolekuler dapat bekerja apabila butiran primer berada dalam kondisi yang berdekatan dan untuk bisa berdekatan, butiran primer harus terflokulasi atau terkoagulasi terlebih dahulu (Arsyad dkk., 1975).

2.3 Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit

Aplikasi pupuk organik dalam pertanian dinilai memiliki keuntungan secara ekologis maupun ekonomis. Bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia dalam pupuk organik memiliki peran penting untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah serta mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik (Purnamayani, 2013). Secara fisik, pupuk organik dapat memperbaiki agregat tanah, meningkatkan kapasitas menahan air dan menjadikan tanah lebih gembur sehingga pertumbuhan akar menjadi lebih baik dan unsur hara dapat diserap dengan sempurna (Simanjuntak dkk., 2013). Pupuk organik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit. Kandungan pupuk organik tandan kosong kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel di bawah ini

Tabel 1. Kandungan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kandungan	Satuan	Hasil	Metode
C-Organik	%	39,72	SNI 7763 2018
C/N rasio	-	19,66	SNI 7763 2018
Kadar Air	%	19,38	SNI 7763 2018
Nutrisi Makro	-	-	-
Nitrogen	%	2,02	SNI 7763 2018
P ₂ O ₅	%	1,00	SNI 7763 2018
K ₂ O	%	0,60	SNI 7763 2018
Nutrisi Mikro	-	-	-
Fe Total	mg/kg	11834	SNI 7763 2018
Fe Tersedia	mg/kg	3217	SNI 7763 2018
Zn	mg/kg	45	SNI 7763 2018
pH	-	7,73	SNI 7763 2018
Kontaminan Mikroba	-	-	-
E coll	MPN/g	< 3	SNI 7763 2018
Salmonella sp	MPN/g	< 3	SNI 7763 2018
Logam Berat:	-	-	-
Arsenik (As)	mg/kg	1	SNI 7763 2018
Merkuri (Hg)	mg/kg	< 0,0002	SNI 7763 2018
Timbal (Pb)	mg/kg	35	SNI 7763 2018
Kadmium (Cd)	mg/kg	0,07	SNI 7763 2018
Chromium (Cr)	mg/kg	22	SNI 7763 2018
Nikel (N)	mg/kg	2	SNI 7763 2018
Kandungan Lain (Plastik, Kaca, Kerikil)	-	Tidak Terdeteksi	SNI 7763 2018

Sumber: R&D PT. Sucofindo Cibitung Laboratory, 2023

Pupuk organik dari limbah TKKS mampu mengurangi jerapan P di dalam tanah sehingga dapat tersedia untuk tanaman. Selain itu, bahan organik dapat menjadi sumber unsur hara N, P, K, dan mampu meningkatkan sekaligus memperbaiki agregasi tanah. Pupuk organik TKKS mampu meningkatkan kandungan hara dan juga mengurangi Al yang ada di dalam tanah sehingga dapat memperbaiki serapan hara P (Hannum dkk., 2014). Umumnya terdapat 3 manfaat positif pupuk organik terhadap tanah: (1) memperbaiki sifat fisik tanah, yaitu agregat tanah, permeabilitas tanah, aerasi tanah, daya menahan air tanah, mengurangi erosi tanah, tanah tidak bergerak (crust) dan merekah saat kekeringan; (2) memperbaiki sifat kimia, yaitu KTK, daya sangga tanah, menekan keracunan,

efisiensi pemupukan, menambah unsur hara tanah, membentuk chelat meningkatkan unsur hara mikro, (3) memperbaiki sifat biologi tanah, yaitu sumber energi mikroorganisme (Firmansyah, 2011).

Dalam hasil uji pengaplikasian tandan kosong kelapa sawit pada tanaman tomat, dengan memberikan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 0,7 kg per polybag, terlihat peningkatan pH tanah (Harahap dkk., 2020). Penggunaan tandan kosong kelapa sawit sebagai pupuk organik telah terbukti efektif. Pemberian kompos tandan kosong sawit dengan dosis 150 kg per tanaman untuk kelapa sawit dan 6 ton per hektar untuk tanaman jagung dengan pola *intercropping*, menghasilkan peningkatan tinggi tanaman kelapa sawit sebesar 20 cm selama periode 10 bulan. Selain itu, pemberian tersebut juga menghasilkan produksi jagung sebanyak 6,8 ton per hektar, yang berpotensi memberikan keuntungan sebesar Rp14.278.000,- per hektar per musim (Hatta dkk., 2014).

Penggunaan pupuk organik yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat membantu mengatasi masalah akumulasi TKKS yang berlebihan. Pupuk organik TKKS mengandung berbagai zat yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, pemanfaatan TKKS sebagai pupuk organik memiliki manfaat lingkungan yang besar karena dapat mengurangi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh limbah pabrik, baik itu pencemaran tanah, air, maupun udara. Dalam aspek ekonomi, perusahaan dapat mengurangi pengeluaran untuk pembelian pupuk setiap bulannya, bahkan dalam beberapa kasus dapat menghasilkan keuntungan jika pupuk organik TKKS dijual secara komersial (Hidayat dkk., 2022).

2.4 Kemantapan Agregat

Kemantapan agregat didefinisikan sebagai daya tahan tanah terhadap berbagai tekanan seperti pengolahan tanah, lintasan, pengeringan, dan pembasahan dalam mempertahankan susunan padatan dan ruang pori (Kay and Angers, 2002). Pembentukan agregat tanah merupakan peran dari mikroorganisme dan juga

bahan organik, sebagai salah satu contoh yaitu seperti benang-benang jamur yang mengikat partikel tanah dengan partikel yang lainnya (Hakim dkk., 1986). Agregat pada tanah dapat dibagi menjadi dua yaitu agregat makro dan agregat mikro. Agregat makro merupakan partikel tanah yang berukuran berkisar 10 mm dan terbentuk dengan penggabungan butir-butir koloid tanah oleh pengikat koloid tanah (koloid liat dan koloid humus). Sedangkan agregat mikro merupakan partikel tanah yang berukuran 0,25-0,50 mm yang berada pada lapisan olah (Sarief, 1989).

Kemantapan agregat tanah dapat dipengaruhi oleh adanya aktivitas mikroba tanah, pengolahan tanah, dan adanya tajuk tanaman yang menghalangi air hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Indikator dari kualitas suatu agregat tanah ditentukan oleh indeks kemantapan agregat tanah dan berat diameter rata-rata (Kurnia dkk., 2006). Menurut penelitian Nurida dan Kurnia (2009), agregat makro tanah, *Mean Weight Diameter* (MWD), dan Indeks Stabilitas Agregat (ISA) dapat dipertahankan dengan menambahkan bahan organik seperti *Mucuna* sp., sisa tanaman, dan *Flemingia*. Selain itu, pemberian bahan organik dapat berasal dari pupuk kandang, kompos dari sisa ampas tebu, dan mulsa sisa tanaman (Yatno, 2011), *Thitonia diversifolia*, *Chromolaena odorata*, dan *Gliricidia sepium* (Yulnafatmawita dkk., 2010), kompos jerami padi dapat meningkatkan dan mampu memelihara stabilitas agregat tanah baik dari *Mean Weight Diameter* (MWD) maupun Indeks Stabilitas Agregat (ISA) (Junedi dan Arsyad, 2010).

Kondisi kemantapan agregat akan menurun secara signifikan pada tanah yang ditanami namun permukaannya bersih, begitupun sebaliknya kemantapan agregat akan meningkat pada tanah yang ditanami namun kondisi permukaannya dipenuhi rumput. Hal ini disebabkan karena akar dari rumput mampu merajut partikel tanah atau agregat mikro dalam tanah (agregat < 250 μm) menjadi agregat makro (> 250 μm) yang stabil. Adapun bahan organik yang diekresikan akar tanaman atau rumput juga membantu memperkuat kemantapan agregat pada tanah (Utomo dkk., 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada awal bulan November 2022 sampai dengan awal bulan Februari 2023. Lokasi penelitian berada di Desa Marga Agung, Lampung Selatan dengan titik koordinat -5.311978° lintang selatan dan 105.323546° bujur timur, serta nilai elevasi sebesar 66 m di atas permukaan laut. Analisis fisika tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang dilakukan pada Bulan Februari-Maret 2023 serta pengambilan sampel tanah dilakukan di lahan penelitian Desa Marga Agung, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu, alat bahan yang digunakan di lapangan dan alat bahan yang digunakan di laboratorium. Alat yang digunakan pada saat di lapangan terdiri dari plastik, kotak plastik, sekop, meteran, jangka sorong, spidol, label. Sedangkan alat yang digunakan di laboratorium adalah nampan, buret, ember besar, mangkok plastik, oven, gelas ukur, satu set ayakan (8 mm; 4.75 mm; 2.83 mm; 2 mm; dan 0.5 mm), timbangan digital, corong plastik, dan aluminium foil.

Bahan yang digunakan pada saat di lapangan yaitu sampel tanah awal dan akhir dari lahan Desa Marga Agung, Lampung Selatan, bibit jagung pipil yang berumur 100 hari, dan bahan pendukung lainnya seperti pupuk Urea, SP-36, dan KCl, pupuk organik tandan kosong kelapa sawit, sedangkan bahan yang digunakan di laboratorium hanya air destilata.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan, masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali ulangan sehingga terdapat 28 petak satuan percobaan. Kemudian perlakuan yang digunakan yaitu pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dengan dosis perkiraan 2-4 ton/ha serta pupuk anorganik yaitu pupuk Urea, SP-36, dan KCl. Dosis perlakuan secara lengkap disajikan pada tabel 2.

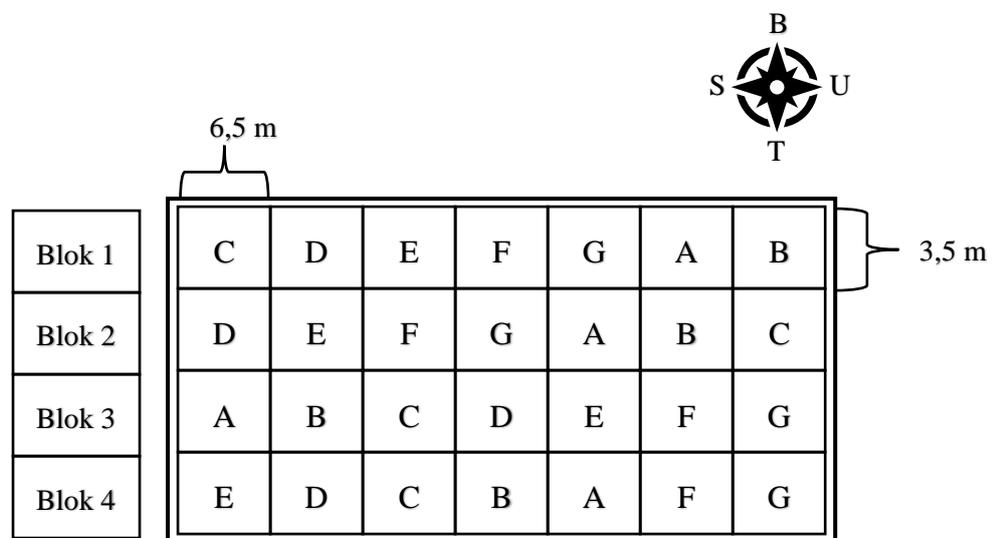
Tabel 2. Perlakuan Uji Efektivitas Pupuk Organik

No	Perlakuan	Dosis Pupuk			
		Organik (ton/ha)	Urea (kg/ha)	SP – 36 (kg/ha)	KCl (kg/ha)
1	Kontrol	0	0	0	0
2	1 NPK	0	N*)	P**)	K***)
3	$\frac{3}{4}$ NPK	0	$\frac{3}{4}$ N	$\frac{3}{4}$ P	$\frac{3}{4}$ K
4	$\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ Organik	$\frac{1}{2}$ PO	$\frac{3}{4}$ N	$\frac{3}{4}$ P	$\frac{3}{4}$ K
5	$\frac{3}{4}$ NPK + 1 Organik	1 PO	$\frac{3}{4}$ N	$\frac{3}{4}$ P	$\frac{3}{4}$ K
6	$\frac{3}{4}$ NPK + 1 $\frac{1}{2}$ Organik	1 $\frac{1}{2}$ PO	$\frac{3}{4}$ N	$\frac{3}{4}$ P	$\frac{3}{4}$ K
7	1 NPK + 1 Organik	1 PO	N*)	P**)	K***)

Keterangan: N*) = 350 kg/ha; P***) = 100 kg/ha; K***) = 75 kg/ha;

$\frac{3}{4}$ N = 262,5 kg/ha; $\frac{3}{4}$ P = 75 kg/ha; $\frac{3}{4}$ K = 56,25 kg/ha;

$\frac{1}{2}$ PO = 2 ton/ha; 1 PO = 4 ton/ha; 1 $\frac{1}{2}$ PO = 6 ton/ha

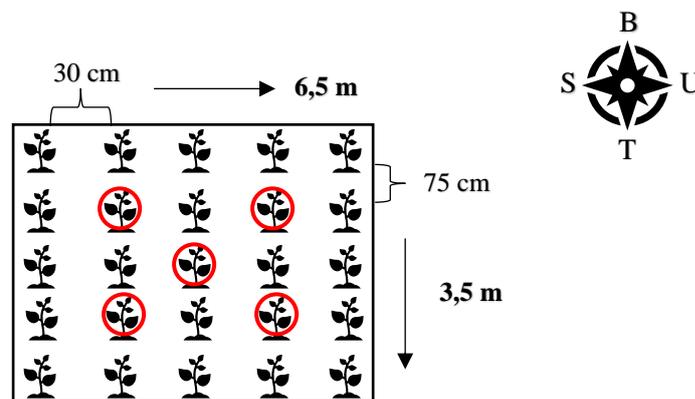


Gambar 3. Plot lahan penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Sampling Tanah

Tanah yang dipergunakan sebagai sampel merupakan tanah berpasir yang berlokasi di lahan penelitian Desa Marga Agung, Kecamatan Jating Agung, Kabupaten Lampung Selatan, dengan titik koordinat -5.311978° Lintang Selatan dan 105.323546° Bujur Timur. Sampling tanah dilakukan menggunakan alat sekop kecil dan juga kotak plastik untuk menjaga supaya agregat tanah yang diambil tidak hancur akibat tekanan. Kemudian sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah berbentuk agregat, dengan ke dalaman 0 – 15 cm sebanyak ± 2 kg. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara diagonal dengan 5 titik pengambilan sampel dalam satu petak percobaan. Sampel tanah yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam kotak plastik, selanjutnya sampel dikirim ke lokasi penelitian untuk dikering udarakan terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis.



Gambar 4. Denah lokasi pengambilan sampel tanah pada petak percobaan

Keterangan:

-  : Tanaman jagung pipil
-  : Titik pengambilan sampel tanah
-  : Petak percobaan

3.4.2 Persiapan Lahan

Lahan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya pernah digunakan untuk menanam jagung manis dan sekarang digunakan kembali untuk menanam jagung pipil. Pengolahan lahan dilakukan menggunakan *hand tractor* dan menggunakan bajak singkal untuk membalikkan tanah, kemudian dilakukan pencacahan tanah supaya lebih mudah dalam proses penanaman. Setelah tanah selesai diolah, proses selanjutnya adalah pembuatan petak percobaan yang terdiri dari 28 petak satuan percobaan, dengan ukuran 6.5 m x 3.5 m dan dalam satu petak percobaan terdapat 7 baris.

3.4.3 Pengaplikasian Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pupuk organik tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Sri Andal Lestari. Kondisi pupuk organik tandan kosong kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini berupa serbuk hitam, dan tandan kosong kelapa sawit yang digunakan merupakan tandan kosong kelapa sawit yang sudah matang, dan sebelum pengolahan dilakukan pencacahan untuk memperkecil ukuran dan memperbesar luas permukaan tandan kosong kelapa sawit. Proses pengaplikasian pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dilakukan 7 hari sebelum penanaman benih jagung pipil. Aplikasi pupuk organik tandan kosong kelapa sawit dilakukan di atas bedengan (bukan disebar/*broadcast*) sesuai dengan dosis perlakuan yang sudah ditentukan. Dosis pupuk organik yang digunakan untuk perlakuan $\frac{1}{2}$ pupuk organik yaitu 2 ton/ha (4.550 g/petak), untuk perlakuan 1 pupuk organik yaitu 4 ton/ha (9.100 g/petak), sedangkan untuk perlakuan $1 \frac{1}{2}$ pupuk organik yaitu 6 ton/ha (13.650 g/petak), kemudian dilakukan pembuatan guludan sebagai jalur penanaman benih jagung.

3.4.4 Penanaman

Penanaman benih jagung pipil dilakukan satu minggu setelah aplikasi pupuk organik tandan kosong kelapa sawit. Benih jagung pipil yang digunakan dalam

penelitian ini berjenis BISI 959 yang dikeluarkan oleh PT. Kharisma Indoagro Universal. Penanaman benih jagung pipil dilakukan dengan cara ditugal dengan jarak tanam 25 cm x 75 cm dan ke dalaman lubang tanam berkisar antara 5-10 cm serta masing-masing lubang diisi dengan 2 benih jagung, kemudian lubang tanam ditutup dengan tanah supaya benih jagung tidak dimakan oleh hama.

3.4.5 Pemupukan

Pupuk yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah pupuk Urea, SP-36, dan KCl. Pupuk Urea diaplikasikan sebanyak tiga kali yaitu, 1/3 pada 7 HST, 1/3 pada 30 HST, dan 1/3 pada 45 HST dengan dosis 350 kg/ha (796,25 g/petak). Pupuk SP-36 diberikan dengan dosis 100 kg/ha (227,5 g/petak) yang dilakukan secara sekaligus pada 7 HST. Pupuk KCl diberikan dengan dosis 75 kg/ha (170,62 g/petak) yang dilakukan secara sekaligus pada 7 HST. Dosis yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rekomendasi dari Permentan No. 13 tahun 2022 tentang Penggunaan Dosis Pupuk N, P, K, untuk Padi, Jagung, dan Kedelai Pada Lahan Sawah. Pengaplikasian pupuk N, P, dan K disesuaikan dengan perlakuan yang telah ditentukan, yaitu perlakuan A (kontrol), B (1 NPK), C ($\frac{3}{4}$ NPK), D ($\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ PO), E ($\frac{3}{4}$ NPK + 1 PO), F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 PO) dan terakhir perlakuan G (1 NPK + 1 PO). Cara pengaplikasian pupuk dilakukan dengan membenamkan pupuk ke dalam lubang di samping batang tanaman sejauh kurang lebih 5 cm dan ditutup dengan tanah.

3.4.6 Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi kegiatan penyiraman, penyulaman, penyiangan gulma, serta pengendalian hama dan penyakit. Penyulaman dilakukan pada lubang yang tidak tumbuh benih jagung dan dilakukan satu minggu setelah tanam. Penyiangan dilakukan dengan cara penyemprotan obat rumput jenis narabas dengan tujuan untuk mengurangi persaingan penyerapan hara antar gulma dan tanaman jagung pipil. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan penyemprotan insektisida ulat pada tanaman jagung.

3.4.7 Pemanenan

Pemanenan jagung pipil dilakukan setelah jagung pipil berumur kurang lebih 100 hari setelah tanam. Cara panen jagung pipil dilakukan dengan cara manual, yaitu memutar tongkol beserta kelobotnya atau dapat dilakukan dengan cara mematahkan tangkai buah jagung pipil, kemudian dilakukan pengeringan tongkol jagung, tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air sehingga mencapai batas aman untuk penyimpanan dalam pengertian tidak dapat lagi ditumbuhi oleh mikroba perusak. Tujuan lain adalah supaya dalam penanganan selanjutnya tidak mengalami kerusakan seperti pada waktu pemipilan. Kadar air yang terlalu rendah pada waktu pemipilan akan menyebabkan biji jagung menjadi pecah/rusak sehingga akan mempermudah infeksi jamur dan bakteri.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel utama pengamatan yang akan diamati pada penelitian ini adalah kemantapan agregat pada tanah. Sedangkan variabel pendukung yang akan diamati pada penelitian ini yaitu: kemampuan menahan air (WHC), agregat tanah, C-organik, dan produksi tanaman yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel Pengamatan Penelitian

No	Parameter	Metode	Waktu Pengamatan
1	Kemantapan Agregat	Ayakan kering & basah (Afandi, 2019)	0 hst dan 90 hst
2	Kapasitas Menahan Air/WHC	<i>Sand box</i> & Tekanan uap (Afandi, 2019)	0 hst dan 90 hst
3	Agregat Tanah	<i>Visual assessment</i> (Afandi, 2019)	0 hst dan 90 hst
4	C-Organik	Walkey and Black (1934)	0 hst dan 90 hst
5	Produksi Tanaman	-	Setelah Panen

3.5.1 Variabel Utama

Variabel utama yang diamati dalam penelitian ini adalah kemantapan agregat, metode yang digunakan dalam menentukan kemantapan agregat pada tanah di lahan Desa Marga Agung, Lampung Selatan menggunakan metode ayakan kering dan basah. Kemantapan agregat ditetapkan melalui pemecahan agregat tanah pada saat diayak kondisi kering maupun basah (De Leenheer dan M. De Boodt, 1959).

Prosedur kerja metode ayakan kering dalam menentukan kemantapan agregat tanah adalah sebagai berikut:

1. Susun ayakan berturut-turut dari atas ke bawah (8 mm; 4,75 mm; 2,8 mm; 2 mm; 0,1 mm) dan tutup bagian bawahnya.
2. Ambil 500 g agregat tanah ukuran > 1 cm dan masukkan di atas ayakan 8 mm
3. Goncangkan ayakan menggunakan *shaker*
4. Ayakan dilepas dan ditimbang agregat yang tertinggal didalam masing-masing ayakan.

Tabel 4. Perhitungan Kemantapan Agregat Tanah dengan Pengayakan Kering

No	Agihan Diameter Ayakan (mm)	Rerata Diameter	Berat Agregat yang Tertinggal (g)	Persentase (%)
1	0.00 – 0.50	0,25	A	(A/G) x 100
2	0.50 – 1.00	0,75	B	(B/G) x 100
3	1.00 – 2.00	1,5	C	(C/G) x 100
4	2.00 – 2.83	2,4	D	(D/G) x 100
5	2.83 – 4.76	3,8	E	(E/G) x 100
6	4.76 – 8.00	6,4	F	(F/G) x 100

Sedangkan prosedur kerja untuk pengayakan basah kemantapan agregat tanah adalah sebagai berikut:

1. Diambil agregat hasil pengayakan kering berukuran > 2 mm sebanyak 100 g, kemudian dimasukkan ke dalam cawan logam.

2. Siapkan buret dengan ketinggian 30 cm, kemudian teteskan air pada agregat tanah sampai kapasitas lapang.
3. Ditunggu cawan logam kemudian simpan ditempat yang sejuk selama 12 jam supaya air dalam agregat tanah tersebar merata.
4. Dipindahkan masing-masing agregat dari mangkok plastik ke ayakan dengan urutan susunan ayakan 8 mm, 4.75 mm, ukuran 2.8 mm, 2 mm, 1 mm, dan yang terakhir 0.5 mm.
5. Isi ember dengan air kira-kira setinggi susunan ayakan.
6. Dimasukkan ayakan ke dalam air, dan ayak naik-turun selama 5 menit dengan sekitar 35 ayunan per menit
7. Pindahkan agregat pada masing-masing ayakan ke dalam aluminium foil dengan cara disemprot melewati corong.
8. Tanah agregat yang tertahan dimasing-masing ayakan kemudian di oven selama kurang lebih 24 jam pada suhu 105° C, setelah kering dinginkan di desikator dan timbang.

Indeks kemantapan agregat tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Indeks Kemantapan Agregat} = \frac{1}{\text{RBD Kering} - \text{RBD Basah}} \times 100\% \text{ Kemudian untuk}$$

Indeks kemantapan agregat berdasarkan pengayakan berganda dapat diklasifikasikan dari yang tidak mantap sampai sangat mantap sekali seperti yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Indeks Kemantapan Agregat

Nilai	Harkat
> 200	Sangat mantap sekali
80 – 200	Sangat mantap
61 – 80	Mantap
50 – 60	Agak mantap
40 – 50	Kurang mantap
< 40	Tidak mantap

Sumber: Kurnia dkk., 2006

3.5.2 Variabel Pendukung

1. Kapasitas Menahan Air (WHC)

Kemampuan tanah menahan air merupakan jumlah air yang mampu ditahan oleh tanah dan disebabkan oleh adanya kekuatan gravitasi. Air tersedia berada didalam pori pemegang air diantara kadar air kapasitas lapang dan kadar air titik layu permanen. Berikut merupakan penetapan kriteria pengukuran kemampuan pori-pori tanah memegang air yang digunakan untuk menentukan kriteria kemampuan tanah menahan air disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Kemampuan Pori-Pori Tanah Memegang Air

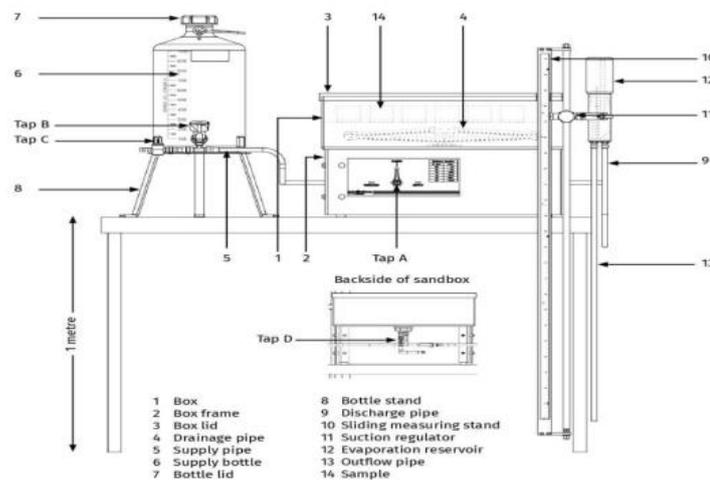
Pori Air Tersedia (% Volume)	Kriteria
< 5	Sangat rendah
5 – 10	Rendah
10 – 15	Sedang
15 – 20	Tinggi
> 20	Sangat tinggi

Sumber: LPT, 1980

a. Metode *Sandbox* (pF 1 dan 2)

Prosedur yang dilakukan adalah menimbang sampel tanah agregat yang akan dilakukan pengukuran, kemudian menguji aliran air dengan membuka kran dari botol (*bottle supply*) dan membuka kran A (Tap A) ke arah “*supply*” dan angkat “*suction regulator*” ke angka 0. Jika tidak ada yang buntu, maka pasir yang ada dalam kotak akan basah. Masukkan contoh tanah agregat yang sudah ditimbang beratnya, kemudian jenuhi dengan cara mengangkat “*suction regulator*” sekitar 1 cm dari titik atas sampel agregat tanah. Penjenuhan akan berlangsung selama 2-7 hari dengan posisi Tap A adalah “*closed*”. Jika telah basah maka putar Tap A ke posisi “*discharge*” untuk menguras air dan Tap D dalam posisi terbuka, lalu tutup kran lagi setelah air sejajar dengan bagian bawah sampel agregat tanah. Kemudian tutup sand box dengan rapat dan dimulai dengan mengukur pF 0, yakni “*suction regulator*” diturunkan sampai angka 0 cm pF 0. Setelah 3-4 hari ambil sampel

tanah dan ditimbang setelah itu dikembalikan lagi ke *sand box*. Untuk tanah dengan kandungan liat yang tinggi prosesnya bisa berlangsung selama 7 hari. Lakukan prosedur yang sama untuk pengukuran pF 2 dengan sampel tanah yang berbeda dan menurunkan “*suction regulator*” sampai angka 100 cm atau pF 2. Kemudian dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam untuk diukur kadar airnya



Gambar 5. Pengujian sampel tanah dengan *sandbox*

b. Metode Tekanan Uap (Desikator) (pF 4,2)

Larutan H₂SO₄ dimasukkan ke dalam desikator, dan kemudian ditutup, sampai terjadi keseimbangan antara potensial matrik tanah dengan udara. Waktu yang diperlukan bervariasi, dari 2 hari sampai dua minggu. Setiap hari, suhu dan kelembaban relatif dicatat, sehingga perkiraan nilai pF yang diukur dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

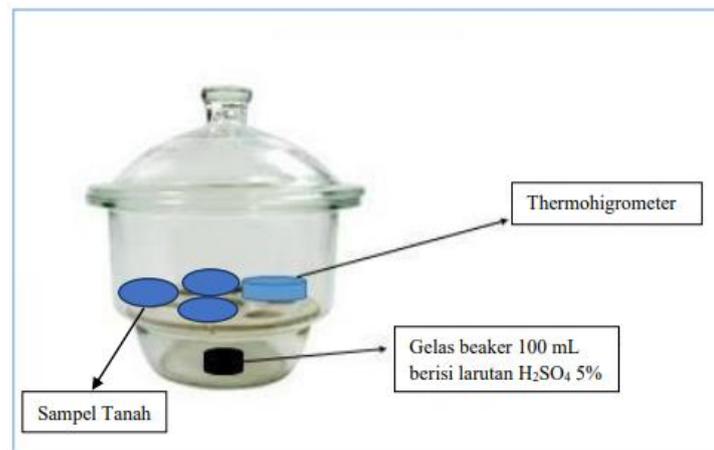
$$pF = 6,5 + \log (2 - \log RH) \text{ (Lal and Shukla, 2004)}$$

$$pF = 4,04 + \log (2 - \log RH) + \log T$$

dengan T adalah suhu dan RH adalah kelembaban relatif.

Langkah pertama siapkan sampel tanah yang akan diamati dengan menimbang tanah kering udara yang telah lolos ayakan 2 mm ± 30 g lalu diberi air sebanyak 10 mL dan dibungkus dengan aluminium foil. Kemudian siapkan larutan H₂SO₄

5% dan dituangkan ke dalam gelas beaker. Lalu siapkan juga termohigrometer dan diletakkan di udara terbuka di labotarium Ilmu Tanah. Setelah itu masukkan sampel tanah dan larutan H_2SO_4 5% ke dalam desikator dengan posisi larutan H_2SO_4 5% berada di bawah sampel tanah. Lalu masukkan juga termohigrometer digital dan termohigrometer otomatis dengan data *logger* yang mencatat suhu dan kelembaban setiap 1 jam sekali ke dalam desikator. Desikator ditutup dan dimulai pencatatan suhu dan kelembaban. Kemudian suhu dan kelembaban bisa dilihat dari luar desikator dengan melihat termohidrometer digital. Data dalam data *logger* diambil setelah melihat angka di termohigrometer digital jika datanya RH nya tidak jauh di bawah angka 98% atau 99.9%. Pengamatan dilakukan seminggu sekali data suhu dan kelembaban pada termohigrometer otomatis. Sesuai rumus di atas, angka kelembaban harus mencapai 98% untuk mendapatkan pF 4.2. dan suhu rerata $25^{\circ}C$.



Gambar 6. Pengujian dengan tekanan uap

Pengukuran kadar air tersedia atau kemampuan tanah dalam menahan air didapatkan dari pengukuran kadar air volume pada kapasitas lapang (pF 2) dan titik layu permanen (pF 4.2). Selisih antara kadar air tanah pada kapasitas lapang dan titik layu permanen disebut air tersedia.

2. Kadar Air

Setiap tanah yang sudah diayak lolos 2 mm harus selalu dihitung kadar airnya (kadar air gravimetrik). Fungsinya yaitu yang pertama untuk melihat air higroskopis, tanah kering udara yaitu kadar airnya relatif sama dengan kelembaban udara atau disebut dengan tekanan uap. Pada saat itu air ditahan oleh pori-pori mikro tanah yang disebut dengan air higroskopis dan tidak bisa diserap oleh tanaman. Kemudian fungsi yang kedua adalah sebagai faktor koreksi, tanah terdiri dari bagian padatan, cairan, dan udara. Tanah kering udara mengandung air, maka air ini harus kita hilangkan dengan cara dioven 105°C selama 24 jam sehingga air yang ada di tanah dianggap hilang yang disebut kering oven.

$$KA = \frac{BB-BK}{BK} \qquad BK = \frac{BB}{1+KA}$$

Keterangan: KA = Kadar Air

BB = Berat Basah Tanah

BK = Berat Kering Tanah

3. Agregat Tanah

Pengamatan agregat tanah dilakukan dengan menggunakan metode ayakan kering. Contoh tanah yang akan dianalisis dikering udarkan terlebih dahulu, kemudian agregat tanah ditetapkan melalui pemecahan agregat tanah saat pengayakan kering dan diamati secara visual berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 6.

Tabel 7. Perkiraan Penilaian Agregat Tanah Berdasarkan Hasil Persentase Ayakan

Diameter Ayakan (mm)	Persentase Hasil Ayakan (%)		
	Jelek	Sedang	Baik
8 – 12	57	14	0
6 – 8	14	14	0
4 – 6	14	14	7,5
2 – 4	7,5	8	7,5
< 2	7,5	50	85



KONDISI BAIK VS= 2 Tanah didominasi oleh struktur gembur, agregat halus tanpa gumpalan yang signifikan. Agregat umumnya subrounded (kacang) dan sering cukup berpori.



KONDISI SEDANG VS= 1 Tanah mengandung proporsi yang signifikan (50%) dari gumpalan kasar dan agregat halus gembur. Gumpalan kasar berbentuk keras, berbentuk subangular dan memiliki sedikit atau tidak ada pori-pori

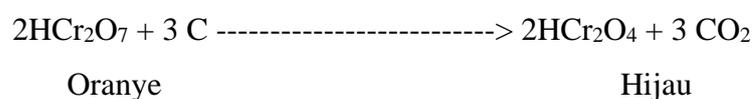


KONDISI BURUK VS= 0 Tanah didominasi oleh gumpalan kasar dengan sedikit agregat halus. Gumpalan kasar sangat tegas, berbentuk sudut atau subangular dan memiliki pori-pori yang sangat sedikit atau tidak ada sama sekali

Gambar 7. Penentuan skor pada *soil structure* (Shepherd, 2008)

4. C-Organik

Metode yang digunakan dalam menganalisis C-organik pada tanah berpasir adalah metode *Walkey and Black* yaitu, bila asam sulfat pekat ditambahkan ke dalam suatu campuran tanah dan cairan kalium bikromat, maka panas yang dihasilkan akan mengoksidasi sebagian besar C-Organik aktif dari bahan organik tanah yang aktif dalam tanah. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Kelebihan bikromat dititrasi lagi dengan larutan amonium sulfat besi (2⁺) yang menggunakan indikator difenilamin dan memerlukan penambahan asam fosfat. Volume titrasi mempunyai hubungan linier dengan C-organik yang mudah teroksidasi dari bahan organik aktif dalam tanah. Rumus perhitungan yang digunakan dalam menentukan hasil dari analisis C-organik adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ C-Organik} = \frac{(B-S) \times N \text{ FeSO}_4 \times 3 \times 1.14 \times 100 \times MF}{\text{mg sampel}}$$

$$\% \text{ Bahan Organik} = \% \text{ C-Organik} \times 1,724$$

Keterangan:

B	= ml FeSO ₄ 0,5 N untuk titrasi blanko
S	= ml FeSO ₄ 0,5 N untuk titrasi sampel
3	= Berat Ekuivalen C dalam mg
1,14	= Faktor Oksidasi
N FeSO ₄	= Normalitas FeSO ₄
MF	= <i>Moisture Factor</i>

5. Produksi Tanaman

Pada penelitian ini, pengamatan produksi tanaman jagung meliputi:

1. Diameter Tongkol Jagung

Tongkol jagung dipilih 10 sampel dari tanaman jagung dalam setiap petak percobaan. Pengukuran diameter tongkol jagung dilakukan menggunakan alat jangka sorong, dengan cara mengukur lingkaran tongkol jagung pada bagian lingkaran yang besar.

2. Bobot 100 Biji Jagung

Bobot 100 biji jagung ditentukan dengan cara memilih 3 sampel dari 10 sampel jagung yang telah dioven selama 24 jam. Kemudian setelah kering biji jagung dipipil sebanyak 100 biji kemudian ditimbang bobotnya dengan timbangan analitik.

3. Produksi Tanaman Jagung (Pipilan Kering)

Produksi tanaman jagung dihitung berdasarkan antar perlakuan pada setiap petak percobaan untuk melihat perbedaan hasil produksi antar perlakuan yang sudah diberikan. Produksi tanaman jagung/ha dihitung dengan rumus:

Produksi (ton/ha) = Jumlah populasi tanaman/ha x Bobot kering biji/tongkol

3.6 Analisis Data dan Penyajian Hasil

Analisis data dilakukan secara kuantitatif yaitu dengan cara membandingkan hasil pengamatan dengan kriteria yang ada. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan kemudian disajikan dalam bentuk tabel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan pupuk organik tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pupuk NPK belum mampu meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir.
2. Dosis perlakuan F ($\frac{3}{4}$ NPK + 1,5 Pupuk Organik) belum mampu meningkatkan kemantapan agregat pada tanah berpasir.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh pupuk organik tandan kosong kelapa sawit terhadap sifat fisik tanah dalam kurun waktu yang lebih lama.
2. Perlu adanya penambahan dosis pupuk organik tandan kosong kelapa sawit yang diaplikasikan ke dalam tanah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisik tanah dengan jumlah dosis yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfattah, M.A. 2013. Pedogenesis, land management and soil classification in hyper-arid environments: Results and implications from a case study in the United Arab Emirates. *Soil Use Manag. J.* 29: 279–294.
- Abdurahman, A., Sutrisno, N., dan Juarsah, I. 1985. *Percobaan Penggunaan berbagai jenis pupuk hijau pada tanah Podsolik Merah Kuning yang ditumbuhi alang-alang di lampung*. Prosiding No 5/Pen. Tanah/1985:327-339
- Adiguna, G.S., dan Aryantha, I.N.P. 2020. Aplikasi fungi rizosfer sebagai pupuk hayati pada bibit kelapa sawit dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan. *Manfish J.* 1(1):32–42.
- Afandi. 2019. *Fisika Tanah*. Aura Anugrah Utama Raharja. Lampung. Hal: 69-85
- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., and Ingelmo, F. 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different amandemants to a horticultural soil. *Bioresource Techno* 76: 125-129.
- Al-Muaini, A.H., Green, S.R., Abou Dahr, W.A., Al-Yamani, W., Abdelfattah, M.A., Pangilinan, R., McCann, I., Dakheel, A., Abdullah, A., and Kennedy, L. 2019. Sustainable Irrigation of Date Palms in the Hyper-Arid United Arab Emirates: A Review: *Chron. Hortic.* 4: 30–36.
- Alshankiti A., dan Gill S. 2016. Integrated Plant Nutrient Management for Sandy Soil Using Chemical Fertilizers, Compost, Biochar and Biofertilizers-Case Study in UAE. *J. Arid Land Stud.* 26: 101–106.
- Aminah., Vandalita, M.M.R., dan Herliani. 2015. *Abu Janjang Kelapa Sawit Dan Kotoran Ayam Sebagai Pupuk Organik Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (Vigna Radiata L) Sebagai Penunjang Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Amezketta, E. 1999. Soil aggregate stability: review. *J. Sustainable Agri.* 14, 69 Hal.

- Anda, M., Suparto, and Sukarman. 2016. Characteristics of pristine volcanic materials: Beneficial and harmful effects and their management for restoration of agroecosystem. *Science of the Environmental*, 543: 480-402.
- Arsyad, S., Sinukaban, N. dan Sukmana, S. 1975. *Fisika: Dasar-dasar sifat fisik dan proses*. Proyek Peningkatan/Pengembangan Perguruan Tinggi. IPB. Bogor.
- Baskoro, D. P. T. 2010. Pengaruh pemberian nahan humat dan kompos sisa tanaman terhadap sifat fisik tanah dan produksi ubi kayu. *J. Tanah dan Lingkungan*. 12 (1): 9-14 hal.
- Brady, N.C., and Ray R.W. 2008. *The Nature and properties of soils* 1.1-1.14
- Buckman, H.O., and Brady, N.C. 1982. *Ilmu Tanah*. Bharatana Karya Aksara. Jakarta
- Bruand A., Hartman, C., dan Lesturgez, G. 2014. Physical properties of tropical sandy soils: a large range of behaviours. *Proceedings Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture*.
- Dariah, A., Sutono, dan Nurida, N. L. 2007. Penggunaan Pembena Tanah Organik Dan Mineral Untuk Perbaikan Kualitas Tanah Typic Hapludults Taman Bogo, Lampung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia Edisi Khusus* (3): 357 – 364
- Darmosarkoro dan Winarna. 2001. Penggunaan tandan kelapa sawit dan kompos tandan kelapa sawit untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Prosiding: Lahan Dan Pemupukan Kelapa Sawit. In: Witjaksana D, S. Es, Winarna, Editors. *Prosiding: Lahan dan pemupukan kelapa sawit. medan: pusat penelitian kelapa sawit*. P. 187–200.
- De Leenheer and M. De Boodt. 1959. Determination of Aggregate Stability by The Change in Mean Weight Diameter. Overduck uit medelingen Van De Lanbouwhogenchool En De Opzoeking-atations Van De Staat Be Gent. *Ineternational Symposium on soil structure*, Ghent, 1958.
- Didi A.S., dkk, 2006. *Pupuk Organiak dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Firmansyah, A. M. 2011. *Peraturan tentang pupuk, klasifikasi pupuk alternatif dan peranan pupuk organik dalam peningkatan produksi pertanian*. Palangka Raya: Makalah pada Apresiasi Pengembangan Pupuk Organik, di Dinas Pertanian dan Peternakan Provinsi Kalimantan Tengah.
- Firmansyah, I., Syakir, M., dan Lukman, L. 2017. Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk N, P, dan K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung

(*Solanum melongena* L.) [*The Influence of Dosage Combination Fertilizer N, P, and K on Growth and Yield of Eggplant Crops (Solanum melongena* L.)]. *J. Hort.* Vol. 27, No. 1.

- Foth and Henry, D. 1984. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Gadjamada University. Yogyakarta.
- Hairiah, K., Sardjono, M., dan Sabarnurdin, S. 2000. *Pengantar Agroforestri*. World Agroforestry Centre (ICRAF) South Asia. Bogor
- Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Lubis, A.M., Nugroho, S.G., Diha, M.A., Go, B.H., dan Bailey, H.H. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.
- Hakim, N. 2006. *Pengelolaan Kesuburan Tanah Masam dengan Teknologi Pengapuran Terpadu*. Padang. Andalas University Press. 204 hal.
- Hamonangan, R.P., Afandi, Wiharso, D., dan Manik, K.E.S. 2019. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Dan Gypsum Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Pada Pertanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*) Di Lahan Bptp Tegineneng Lampung Selatan. *J. Agrotek Tropika*. Vol. 7, No. 2: 391-396
- Hanafiah, K.A. 2007. *Dasar – Dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Handayani, S. dan Sunarminto, B.H. 2002. Kajian Struktur Tanah Lapis Olah: I. Agihan ukuran dan dispersitas agregat. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 3 (1):10-17.
- Hannum, J., Hanum, C., dan Ginting, J. 2014. Kadar N, P daun dan produksi kelapa sawit melalui penempatan TKKS pada rorak. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1279- 1286.
- Harahap, F. S., Walida, H., Rahmaniah, R., Rauf, A., Hasibuan, R., dan Nasution, A. P. 2020. Pengaruh Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Arang Sekam Padi terhadap beberapa Sifat Kimia Tanah pada Tomat. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 1–5.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta. Cetakan ke 6.
- Hartika, W., Husnain, dan Widowati, L.R. 2015. Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 9 No. 2: 107-120
- Hasibuan, B.E. 2006. *Ilmu Tanah*. USU Perss. Medan

- Hatta, M., Jafri, dan Permana, D. 2014. Pemanfaatan Tandan Kosong Sawit Untuk Pupuk Organik Pada Intercropping Kelapa Sawit Dan Jagung. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 17(1), 27–35.
- Hayat, E., dan Andayani, S. 2014. Pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit dan aplikasi biomassa *Chromolaena odorata* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi serta sifat tanah sulfaquent. *J Teknol Pengelolaan Limbah*.
- Hengl, T., de Jesus, J.M., Heuvelink, G.B., Gonzalez, M.R., Kilibarda, M., Blagotic, A., and Guevara, M.A. 2017. Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS One* 12 (2): e0169748.
- Hidayah, E. 2023. *Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Pertanaman Jagung (Zea mays L.) Terhadap Kemampuan Menahan Air di Tanah Berpasir*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Hidayat, M.S., Hasibuan, A., Harahap, B., dan Nasution, S. P. 2022. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pupuk di PT Karya Hevea Indonesia. *Factory Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, 1(2), 52–58.
- Hillel, D. 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press. New York
- Hilman, Y., dan Noordiyati, I. 1988. Pengujian pemupukan P dan K berimbang pada tanaman bawang putih di tanah sawah. *Bul. Penel. Hort.* vol. 16, no. 1, pp. 48-54.
- Hou, Y., Hu, X., Yan, W., Zhang, S., and Niu, L. 2013. Effect of organik Fertilizers Used in Sandy Soil on The Growth of Tomatoes. *Agricultural Sciences*. 4 (5): 31-34.
- Huang, J., and Hartemink, A.E. 2020. Soil and enviromental issues in sandy soils. *Earth-Science* 208: 1-22.
- Junedi, H., dan Arsyad, A.R. 2010. Pemanfaatan Kompos Jerami Padi dan Kapur Untuk Memperbaiki Sifat Fisik Tanah Ultisol dan Hasil Kedelai (*Glycine max L.Merill*) Musim Tanam Kedua. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol. 10 No. 1, 2010: 35-41.
- Kay, B.D. and Angers, D.A. 1999 *Structure*. In: Sumner, M.E., Ed., *Handbook of Soil Science*, A229-A276.
- Kay, B.D. and Angers, D.A. 2000. *Soil Structure*. In: *Soil Physics Companion by Arthur W. Warrick (ed)*. CRC Press LLC, N.W.p. 249-283

- Kononova, M.M. 1999. *Soil Organic Matter; Its Role in Soil Formation and Soil Fertility*. Vergamon Press. Oxford. London
- Ksiksi, T.S., Trueman, R., Abdelfattah, M.A., Mousa, M.T., Almarzouqi, A.Y., and Barahim, S.A. 2019. Above and belowground carbon pools are affected by dominant floral species in hyperarid environments. *F1000Research*. 8: 1043.
- Kurnia, U.F., Agus., A. Adimihardja., A. dan Dairah. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Lal, R. and Shukla, M.K. 2004. *Principles of Soil Physics*. Marcel Dekker, Inc. New York. Hal .322
- Lembaga Penelitian Tanah. 1980. *Term of Reference (TOR) Tipe A Pemetaan Tanah, Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogo.
- Lestari, A.P., Sarman, S. dan Indraswari, E. 2010. Substitusi Pupuk Anorganik dengan Kompos Sampah Kota Tanaman Jagung Manis (*Zeamays*. L. Saccharata Sturt). *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains* 12(2): 1-6
- Li, Z., Zhan, Y. and Singh, B. 2007. Soil physical properties and their relations to organic carbon pools as affected by land use in an alpine land. *Pasture* 139, 98-105.
- Lumbanraja, P. 2012. Pengaruh pemberian pupuk kandang sapi dan jenis mulsa terhadap kapasitas pegang air tanah dan pertumbuhan tanaman kedelai (*Glicine max* L) Var. Willis pada tanah Ultisol Simalingkar. *JURIDIKTI* 5(2): 58-72.
- Mustaqim, R., Armaini., dan A.E. Yulia. 2016. Pengaruh Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon (*Cucumis melo* L). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian*. 2 (1), 1-13.
- Novriani. 2010. Alternatif Pengelolaan Unsur Hara P (Fosfor) Pada Budidaya Jagung. *Jurnal agronobis*. 2(3): 42 – 49.
- Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Nurida, N.L. dan Kurnia, U. 2009. Perubahan Agregat Tanah pada Ultisols Jasinga Akibat Pengolahan Tanah dan Pemberian Bahan Organik. *Jurnal Tanah dan Iklim* No.30, 2009.

- Nurtika, N., dan Sumarni, N. 1992. Pengaruh sumber, dosis dan waktu aplikasi pupuk kalium terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. *Bul Penel. Hort.*, vol. 22, no. 1, pp. 96-101.
- Oviasogi P.O., Oko-Eboh, E. and Eguagie, E.I., 2013. Effect of composted empty oil palm fruit bunches on the growth and yield of Amaranthus and soil physicochemical properties. *Nigerian Journal of Soil Science*, 23(2): 168-178
- Pain, C.F., and Abdelfattah, M.A. 2015. Landform evolution in the arid northern United Arab Emirates: Impacts of tectonics, sea level changes and climate. *Catena*. 134: 14–29.
- Pangaribuan, E. A. S., Darmawati, A., dan Budiyanto, S. 2020. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakchoy Pada Tanah Berpasir Dengan Pemberian Biochar dan Pupuk Kandang Sapi. *Agrosains J. Penelit. Agron*. doi: 10.20961/agsjpa.v22i2.42093.
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2022 Tentang Penggunaan Dosis Pupuk N, P, K, untuk Padi, Jagung, dan Kedelai Pada Lahan Sawah.
- Prasetyo, B.H., Sulaeman, Y., Subardja, D., dan Hikmatullah. 2006. Characteristics of Spodosols in relation to soil management for agriculture in Kutai Regency, East Kalimantan. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 24: 69-79.
- Pratikno, H. 2002. *Studi Pemanfaatan Berbagai Biomassa Flora Untuk Peningkatan Ketersediaan P dan Bahan Organik Tanah Pada Tanah Berkapur Di DAS Brantas Hulu Malang Selatan*. (Tesis). Universitas Brawijaya Malang.
- Purnamayani, R. 2013. *Teknologi Pembuatan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit*. BPTP Jambi
- Rachman, A. dan Abdurachman A. 2006. Penetapan Kemantapan Agregat Tanah. Dalam: Kurnia U., F. Agus., Abdurachman A., Ai Dariah (eds): *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Hal: 69.
- Rahmadi, R., Awaluddin, A., dan Itanawita. 2014. Pemanfaatan limbah padat tandan kosong kelapa sawit dan tanaman pakis-pakisan untuk produksi kompos menggunakan aktivator EM-4. *Jurnal Jomfmipa*, 1(2), 245-253.
- Rauf, A.W., Syamsuddin, T., dan Sihombing, S.R. 2000. *Peranan Pupuk NPK Pada Padi Tanaman*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Irian Jaya.

- R&D PT. Sucofindo Cibitung Laboratory, 2023. Kandungan Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit.
- Rodiah, I.S. 2013. Manfaat Penggunaan Pupuk Organik untuk Kesuburan Tanah. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*. 1(1): 30-42
- Rozy, F., Rosmawaty, T., dan Fatrahman. 2013. Pemberian pupuk N P K mutiara 16:16:16 dan kompos tandan kosong kelapa sawit pada tanaman terung (*solanum melongena* L). *Jurnal RAT*, 1(2), 228-239.
- Saidy, A.R. 2018. *Bahan Organik Tanah*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- Santi, L.P., Dariah, A.I. dan Goenadi, D.H. 2008. Peningkatan kemantapan agregat tanah mineral oleh bakteri penghasil eksopolisakarida. *Jurnal Balai Penelitian Tanah*. Bogor. hlm 7-8.
- Sarno. 2009. Pengaruh Kombinasi NPK dan Pupuk Kandang terhadap Sifat Tanah dan Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Caisim. *J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 3, 2009: 211-219.
- Sarief, S. 1989. *Fisika-Kimia Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung.
- Seta, A.K. 1987. *Konservasi Sumberdaya Tanah*. Kalam Mulia. Jakarta
- Shepherd, G., Stagnari, F., Pisante, M., and Benites, J. 2008. *Visual Soil Assessment Field Guide fof Annual Crop*. FAO. Rome. Hal: 504.
- Simanjutak, A., Lahay, R.R., dan Purba, E. 2013. Respon Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah Terhadap Pemberian Pupuk NPK Dan Kompos Kulit Buah Kopi. *Jurnal Agroekoteknologi*, 1 (3): 362-373.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R. Setyorini, D. dan Hartatik, W. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Biofertilizer)*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor
- Sitompul. G.S.S., Yetti, H., dan Murniati. 2017. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan KCl Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *JOM FAPERTA*. 4(1): 1-12
- Soil Survey Staff*. 1975. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. *Soil Survey Staff, Coord., Soil Conservation Service*. Agriculture Handbook 436. US Department of Agriculture, Washington DC. 754 p

- Soil Survey Division Staff. 1993. *Soil Survey Manual*. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.
- Stalling, J.H. 1957. *Soil and Improvement*. Practice Hall Inc. Englewood Cliff. New York.
- Sudaryano. 2001. Pengaruh Pemberian Bahan Pengkondisi Tanah Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah Pada Lahan Marginal Berpasir. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 2, No. 1.
- Sudjana, A., Rifin, A., dan Sudjadi, M. 1991. *Jagung*. Buletin Teknik No. 3. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. Bogor.
- Sumiati, E. 1983. Pengaruh zat pengatur tumbuh dan pupuk daun, biokimia terhadap hasil tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill L.). *Bul. Penel. Hort.*, vol. 10, no. 3, hlm. 21-7. 25.
- Sumiati, E. 1989. Pengaruh mulsa jerami, naungan dan zat pengatur tumbuh terhadap hasil buah tomat kultivar berlian. *Bul. Penel. Hort.*, vol. 18, no. 2, hlm. 18-31
- Suharta, N. 2010. Karakteristik dan permasalahan tanah marginal dari batuan sedimen masam di Kalimantan. *Jurnal Litbang Pertanian* 29 (4): 139-146.
- Suriadikarta, D.A., dan Setyorini, D. 2005. *Laporan Hasil Penelitian Standar Mutu Pupuk Organik*. Balai penelitian tanah. Bogor
- Sutanto, R. 2005. *Dasar – Dasar Ilmu Tanah Konsep Dan Kenyataan*. Kanisius.
- Sutejo, M.M. 1995. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Sutejo, M.M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Syukur, A dan Indah, N.M. 2006. Kajian Pengaruh Pemberian Macam Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jahe di Inceptisol Karanganyar. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan* Vol 6 (2): 124-131
- Tandisau, P., Darmawidah dan Warda. 2005. Kajian penggunaan pupuk organik sampah kota Makasar pada tanaman cabai. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* Vol.8 No.3:372 –380.
- Tarigan, E.S., Guchi, H., dan Marbun, P. 2015. Evaluasi status bahan organik dan sifat fisik tanah (Bulk Density, Tekstur, Suhu Tanah) pada lahan tanaman kopi (*Coffea Sp.*) di Beberapa Kecamatan Kabupaten Dairi. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3 (1): 246-256.

- Utomo, M., Sabrina, T., Sudarsono, Lumbanraja, J., Rusman, B., dan Wawan. 2016. *Ilmu Tanah Dasar-dasar Pengelolaan*. Kencana Prenadamedia Group. Jakarta
- Vine, H. 1953. Experiments on the maintenance of soil fertility in Ibadan, Nigeria, *Emp. J. of Expt'l Agric*, vol. 21, pp. 65-71.
- Yatno, E. 2011. Peranan Bahan Organik dalam Memperbaiki Kualitas Fisik Tanah dan Produksi Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 5 No. 1.
- Yost, J.L., and Hartemink, A.E. 2019a. Soil organik carbon in sandy soils: a review. *Adv. Agron.* 158: 217-310.
- Yost, J.L., and Hartemink, A.E. 2019b. Effects carbon on moisture storage in soils of the Wisconsin central sands. *Eur. J. Soil. Sci.* 70(3): 565-577.
- Yulnafatmawita, Saidi, A., Gusnidar, Adrinal, dan Suyoko. 2010. Peranan Bahan Hijauan Tanaman Dalam Peningkatan Bahan Organik dan Stabilitas Agregat Tanah Ultisol Limau Manis yang Ditanami Jagung (*Zea Mays* L.). *Jurnal Solum* Vol. VII No. 1 : 37-48.
- Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of The Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci* 37: 29-37
- Wang Y, Liu X, Butterly C, Tang C, and Xu J. 2013. Ph Change, carbon and nitrogen mineralization in paddy soils as affected by chinese milk vetch addition and soil water regime. *J Soils Sediments*. 13(4):654–663. Doi:10.1007/S11368-012-0645-3.
- Wiyana. 2008. *Studi Pengaruh Penambahan Lindi dalam Pembuatan Pupuk Organik Granuler terhadap Ketercucian N, P, dan K*. MST UGM. Yogyakarta.
- Woolf, D. 2008. *Biochar as a Soil Amandement: Areview of the Environmental Implications*. 1-31.
- Zhu, G., Shangguan, Z., and Deng, L. 2017. *Soil aggregate stability and aggregate-associated carbon and nitrogen in natural restoration grassland and Chinese red pine plantation on the Loess Plateau*. *Catena*, 149: 253–260.
- Zulkarnain, M., Prasetya, B., dan Soemarno, S. 2013. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang dan Custom-bio Terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Entisol di Kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri. *The Indonesian Green Technology Journal*, 2(1), 45–52