

**UJI KARAKTERISTIK PUPUK KOMPOS PELET YANG DIPERKAYA
DENGAN PUPUK NPK DAN ARANG TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT (TKKS)**

(Skripsi)

Oleh

TUBAGUS REZA SYAH ALAM



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS TEST OF COMPOST PELLETS ENRICHED WITH NPK FERTILIZER AND BIOCHAR FROM OIL PALM OF EMPTY BUNCH (TKKS)

By

TUBAGUS REZA SYAH ALAM

Compost applications require high doses due to low nutrient content. In addition, crumb compost is bulky and has a low density, making it difficult to handle and transport. This study aims to determine the effect of adding oil palm empty fruit bunches (TKKS) charcoal and the addition of NPK fertilizer (as raw material for making pellets) on the physical characteristics of pellet compost. The study was arranged in a factorial completely randomized design (RALF) consisting of 2 factors, namely the biochar factor of Oil Palm Empty Fruit Bunches (dose 0, 10, 20) % and the NPK fertilizer factor (dose 0, 3, 6) %. All treatment combinations were carried out with 3 replications. The parameters observed in this study were water content, diameter, density, solubility, hygroscopicity, wettability index, compressive strength, vibration resistance, hardness, color, pH, and NPK content. The results showed that the addition of OPEFB charcoal had a significant effect on the results of testing water content, bulk density, particle density, solubility, hygroscopicity, compressive strength, resilience, vibration resistance, pH value, and NPK content. The addition of NPK fertilizer had a significant effect on the test results of solubility, hygroscopicity and pH value. The interaction effect of the addition of OPEFB charcoal and the addition of NPK fertilizer significantly affected the results of bulk density testing, testing water content, solubility, compressive strength, vibration resistance, pH value, and NPK content. The results showed that the combination treatment of adding 10% EFB charcoal and adding 6% NPK fertilizer produced the best compost pellets in terms of pellet characteristics.

Keywords: compost fertilizer. pellet, NPK, oil palm of empty bunch, strength

ABSTRAK

UJI KARAKTERISTIK PUPUK KOMPOS PELET YANG DIPERKAYA DENGAN PUPUK NPK DAN ARANG TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)

Oleh

TUBAGUS REZA SYAH ALAM

Kompos memiliki kandungan hara yang rendah sehingga memerlukan dosis yang tinggi untuk aplikasinya. Selain itu, kompos remah memiliki masa jenis yang rendah sehingga menyulitkan dalam penanganan dan transportasinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan penambahan pupuk NPK (sebagai bahan baku pembuatan pelet) terhadap karakteristik fisik pupuk kompos pelet yang dihasilkan. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) yang terdiri dari 2 faktor yaitu faktor dosis *biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit (dosis 0, 10, 20) % dan faktor dosis pupuk NPK (dosis 0, 3, 6) %. Semua kombinasi perlakuan dilakukan dengan 3 kali ulangan. Parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu kadar air, diameter, massa jenis, kelarutan, higroskopisitas, kebasahan, kuat tekan, ketahanan getar, ketahanan banting, warna, pH, dan kandungan NPK total. Hasil penelitian menunjukkan penambahan arang TKKS berpengaruh nyata terhadap hasil pengujian kadar air, massa jenis curah, massa jenis partikel, kelarutan, higroskopisitas, kebasahan, kuat tekan, ketahanan banting, ketahanan getar, warna, nilai pH, dan kandungan NPK. Penambahan pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap hasil pengujian kelarutan, higroskopisitas dan nilai pH. Pengaruh interaksi penambahan arang TKKS dan penambahan pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap hasil pengujian massa jenis curah, pengujian kadar air, kelarutan, kuat tekan, ketahanan getar, nilai pH, dan kandungan NPK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan arang TKKS 10% dengan penambahan pupuk NPK sebesar 6% sebagai bahan baku pembuatan kompos pelet menjadi perlakuan yang paling baik ditinjau dari karakteristik pelet.

Kata kunci: Pupuk kompos, pelet, NPK, tandan kosong kelapa sawit, kekuatan

**UJI KARAKTERISTIK PUPUK KOMPOS PELET YANG DIPERKAYA
DENGAN PUPUK NPK DAN ARANG TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT (TKKS)**

Oleh

TUBAGUS REZA SYAH ALAM

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **UJI KARAKTERISTIK PUPUK KOMPOS
PELET YANG DIPERKAYA DENGAN
PUPUK NPK DAN ARANG TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)**

Nama Mahasiswa : **Tubagus Reza Syah Alam**

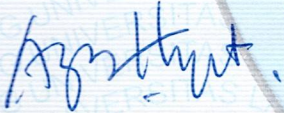
Nomor Pokok Mahasiwa : **1814071064**

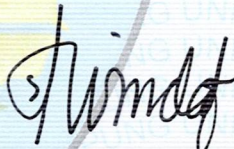
Jurusan/PS : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

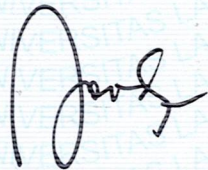


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP. 196505271993031002


Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.
NIP. 198905202015042001

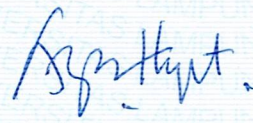
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

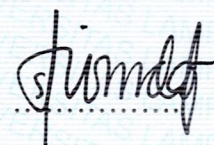
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

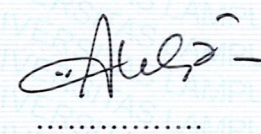
Ketua : Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.



Sekretaris : Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 01 Agustus 2022

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya **Tubagus Reza Syah Alam NPM 1814071064**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.** dan **2) Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Tubagus Reza Syah Alam
NPM. 1814071064

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat, pada hari Sabtu tanggal 11 November 2000 anak pertama dari dua bersaudara, putra dari pasangan Bapak Dovy Nataly dan Ibu Isnaniah. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Aisyiyah Bustanul Athfal pada tahun 2004-2005, Sekolah Dasar (SD) Negeri 4 Curup pada tahun 2006-2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Curup Tengah pada tahun 2012-2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2015-2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, pada bidang akademik penulis pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar Pertanian tahun 2019, asisten praktikum Gambar Teknik tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif mengikuti organisasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Informasi dan Komunikasi pada periode 2019-2021 dan organisasi English Society (ESo) Universitas Lampung sebagai anggota Human Resource Department (HRD) pada periode 2021 dan di tingkat Nasional sebagai Anggota dari Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian (IMATETANI).

Pada tanggal 1 Februari hingga 12 Maret 2021, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2021 selama 40 hari di Kelurahan Sukarame Baru, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Sementara itu pada tanggal 2 Agustus hingga 10 September 2021,

penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Lampung dengan judul “Mempelajari Proses Pembuatan Tepung Pisang Kepok (*Musa Acuminata Balbisiانا Colla*) Dan Tepung Pisang Ambon (*Musa Paradisiaca Var. Sapientum*) Di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Lampung”.

Persembahan

Alhamdulillahrabbi'l'amin

Kutujukan karya ini kepada :

Kedua Orang Tua

Bapak Dovy Nataly dan Ibu Isnaniah, yang senantiasa mengupayakan segala yang dimiliki baik materi, pikiran, tenaga dan doa demi keberhasilan anaknya

Adikku

Rizky yang selalu memberikan semangat dan dukungannya

Serta

“Kepada Almamater Tercinta”

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2018

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, taufik, dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan Skripsi. Shalawat serta salam tak lupa senantiasa penulis sanjung Agungkan kepada suri tauladan seluruh umat islam Nabi Allah Muhammad SAW semoga kita semua diakui sebagai umatnya dan mendapatkan syafaatnya kelak di yaumul kiyamah, Aamiin. Skripsi yang berjudul ” **Uji Karakteristik Pupuk Kompos Pelet yang Diperkaya dengan Pupuk NPK dan Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari dan memahami dalam penulisan skripsi ini terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki, Peran serta dari beberapa pihak sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku dosen pembimbing utama, yang telah memberikan bimbingan, motivasi, nasihat, kritik, dan saran selama proses penyusunan skripsi;

5. Ibu Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi dan selama masa perkuliahan;
6. Ibu Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si., selaku pembahas yang telah memberikan nasihat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
7. Kedua orang tua tercinta Bapak Dovy Nataly dan Ibu Isnaniah yang selalu memberikan apapun yang dibutuhkan penulis baik materi, tenaga dan doa. Serta Adik Tubagus Rizky Syah Alam yang selalu memberikan motivasi dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi;
8. Ivo Ali Saifullah Alwi, Aditia Adwijaya, dan Ghifari Prayoga selaku sahabat seperjuangan selama masa kuliah yang selalu memberikan bantuan dukungan dan semangat kepada penulis;
9. M. Rizky Kurniawan dan Yosua Benget Sihotang selaku teman seperjuangan selama penelitian dan selama masa perkuliahan terima kasih sudah saling berbagi ilmu dan memberi semangat selama penyusunan skripsi;
10. Seluruh Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah menjadi bagian cerita perjuangan selama kurang lebih 4 tahun. Terima kasih atas segala dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini;
11. Teman-teman Penulis baik itu teman kuliah seangkatan, adik kelas, kakak kelas pada Fakultas Pertanian Universitas Lampung, maupun teman-teman dari fakultas lain dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu namanya, yang telah banyak memberi masukan, semangat, dan arahan hingga akhirnya dapat terselesaikan skripsi ini;

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan tulisan–tulisan berikutnya. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih atas bantuan dan dukungan semuanya, dan penulis berharap agar

karya sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2022

Penulis,

Tubagus Reza Syah Alam

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Hipotesis.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penggunaan Pupuk di Indonesia	6
2.2 Efek Negatif Pupuk Kimia	7
2.3 Kompos	8
2.4 Kekurangan Kompos.....	10
2.5 Kompos Diperkaya.....	10
2.6 Kelapa Sawit	12
2.7 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	13
2.8 Pirolisis.....	16
2.8 Syarat Mutu Pupuk Organik	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Persiapan Bahan	26
3.4.2 Pencampuran Kompos dengan NPK dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	26

3.4.3 Pembuatan Pupuk Kompos Pelet	27
3.4.4 Pengujian Pupuk Pelet.....	27
3.4.4.1 Kadar Air.....	27
3.4.4.2 Uji Diameter.....	28
3.4.4.3 Massa Jenis	28
3.4.4.4 Uji Kelarutan (<i>Disintegration Time</i>).....	28
3.4.4.5 Uji Higroskopisitas.....	29
3.4.4.6 Uji Kebasahan (<i>Wettability Index</i>).....	29
3.4.4.7 Uji Kuat Tekan.....	30
3.4.4.8 Uji Ketahanan Banting.....	31
3.4.4.9 Uji Ketahanan Getar.....	31
3.4.4.10 Uji Warna.....	32
3.4.4.11 Uji pH.....	32
3.4.4.12 Analisis Kandungan NPK	32
3.5 Analisis Data	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Kadar Air.....	35
4.2 Uji Diameter.....	38
4.3 Massa Jenis	40
4.3.1 Massa Jenis Curah.....	40
4.3.2 Massa Jenis Partikel	42
4.4 Uji Kelarutan (<i>Disintegration Time</i>).....	45
4.5 Uji Higroskopisitas	50
4.6 Uji Kuat Tekan.....	53
4.7 Uji Kebasahan (<i>Wettability Index</i>).....	55
4.8 Uji Ketahanan Banting	57
4.9 Uji Ketahanan Getar.....	58
4.10 Uji Warna	60
4.11 Uji pH.....	65
4.12 Analisis Kandungan NPK	67
4.13 Ringkasan.....	70
V. KESIMPULAN.....	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Harga Eceran Tertinggi Pupuk di Indonesia Tahun 2016 – 2020.....	6
2. Penggunaan Pupuk Organik dan NPK di Indonesia Tahun 2014-2019.....	7
3. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	14
4. Karakteristik Arang TKKS	15
5. Standar Kualitas Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995.....	15
6. Metode Pirolisis dan Variannya.....	17
7. Syarat Mutu Pupuk Organik Padat.....	19
8. Kombinasi Perlakuan	21
9. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kadar Air (%)	36
10. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap Kadar Air (%).....	36
11. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Diameter.....	38
12. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap Uji Diameter.....	38
13. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Massa Jenis Curah (kg/m^3)	40
14. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap Massa Jenis Curah Pelet (kg/m^3)	41
15. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Massa Jenis Partikel (kg/m^3).....	43
16. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap Massa Jenis Partikel Pelet (kg/m^3).....	43
17. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kelarutan (Jam).....	45
18. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap Kelarutan (Jam).....	45
19. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Nilai EC	47
20. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap Ketahanan Getar Pelet.....	47

21. Uji ANOVA Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Higroskopisitas (%).....	50
22. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap Higroskopisitas (%)	50
23. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Pupuk NPK terhadap Higroskopisitas	51
24. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kuat Tekan (MPa)	54
25. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap Kuat Tekan Pelet (MPa).....	54
26. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Uji Kebasahan (%).....	55
27. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap Uji Kebasahan (%).....	56
28. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Uji Banting Pelet (%).....	57
29. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap Uji Banting Pelet (%).....	57
30. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Ketahanan Getar Pelet (%).....	59
31. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap Ketahanan Getar Pelet (%).....	59
32. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap L* Warna Pelet	61
33. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap L* Warna Pelet.....	61
34. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap a* Warna Pelet	62
35. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap a* Warna Pelet	62
36. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap b* Warna Pelet.....	64
37. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Faktor Arang TKKS terhadap b* Warna Pelet	64
38. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Uji pH pada Pelet.....	65
39. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap nilai pH.....	65
40. Uji ANOVA Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap jumlah NPK Total (%).....	69

41. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Interaksi Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap nilai Kandungan NPK (%)	69
42. Pengujian NPK dan C-organik pada Pupuk Kompos	70
43. Pengujian NPK pada Arang TKKS	70
44. Pengujian Kandungan N pada Pelet	70
45. Rangkuman Perlakuan Terbaik Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan Pupuk NPK terhadap Karakteristik Pupuk Kompos Pelet	71
46. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Diameter	83
47. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Massa Jenis Curah	83
48. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Massa Jenis Partikel	83
49. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Kelarutan	83
50. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Nilai EC	84
51. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Higroskopisitas	84
52. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Terhadap Kuat Tekan	84
53. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Kebasahan	84
54. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Ketahanan Banting	85
55. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Ketahanan Getar	85
56. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Nilai pH	85
57. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Warna L*	85
58. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Warna a*	86
59. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Warna b*	86
60. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Nilai Kadar Air	86
61. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Nilai Kandungan NPK	86
62. Data Uji Massa Jenis Curah (kg/m ³)	87
63. Data Uji Massa Jenis Partikel (kg/m ³)	88
64. Data Uji Kelarutan	90
65. Data Uji Serap Udara (gr)	94
66. Data Uji Kuat Tekan	96
67. Data Uji Kebasahan (%)	97
68. Data Uji Ketahanan Banting (%)	98
69. Data Uji Ketahanan Getar (%)	99
70. Data Uji Warna	100
71. Data Uji pH	101
72. Data Kadar Air	102
73. Data Kandungan NPK Total	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian	23
2. Proses Pembuatan Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	24
3. Proses Pencampuran Kompos dengan NPK dan Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	25
4. Alat Pencetak Pelet	27
5. Alat Pres Hidrolik	30
6. Pupuk Pelet berdasarkan Penambahan Arang TKKS	35
7. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Kadar Air Pelet (%).....	37
8. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Diameter Pelet	39
9. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Massa Jenis Curah Pelet (kg/m^3).....	41
10. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Massa Jenis Partikel Pelet (kg/m^3).....	44
11. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Kelarutan Pelet (Jam)	46
12. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Nilai EC Pelet	48
13. Perkembangan Kelarutan Dalam Nilai EC Pupuk Kompos Pelet pada Perlakuan Arang TKKS (0%)	49
14. Perkembangan Kelarutan Dalam Nilai EC Pupuk Kompos Pelet pada Perlakuan Arang TKKS (10%)	49
15. Perkembangan Kelarutan Dalam Nilai EC Pupuk Kompos Pelet pada Perlakuan Arang TKKS (20%)	49
16. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Higroskopisitas (%)	51
17. Pengaruh Faktor Pupuk NPK dan Arang TKKS Terhadap Higroskopisitas di Udara pada Perlakuan Arang TKKS 0%	52
18. Pengaruh Faktor Pupuk NPK dan Arang TKKS Terhadap Higroskopisitas di Udara pada Perlakuan Arang TKKS (10%).....	53

19. Pengaruh Faktor Pupuk NPK dan Arang TKKS Terhadap Higroskopisitas di Udara pada Perlakuan Arang TKKS (20%).....	53
20. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Kuat Tekan Pelet (MPa)	54
21. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Kebasahan (%).....	56
22. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Ketahanan Banting Pelet (%).....	58
23. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Ketahanan Getar Pelet (%).....	59
24. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap L* Warna Pelet.....	61
25. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap a* Warna Pelet.....	63
26. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap b* Warna Pelet.....	65
27. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Nilai pH	66
28. Pengaruh Penambahan Arang TKKS dan pupuk NPK terhadap Nilai Kandungan NPK (%)	69
29. Pengayakan Pupuk Kompos.....	106
30. Pupuk NPK Mutiara.....	106
31. TKKS Bahan pembuatan Biochar	106
32. Pembuatan Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	107
33. Biochar TKKS.....	107
34. Penimbangan Pupuk Kompos	107
35. Penimbangan Cawan Kosong untuk Penghitungan Kadar Air	108
36. Penimbangan Bahan untuk Penghitungan Kadar Air.....	108
37. Pengovenan Bahan	108
38. Pencampuran Kompos dengan Air.....	109
39. Pencampuran Kompos dengan NPK.....	109
40. Proses Pencetakan Pelet	109
41. Pengujian Massa Jenis Curah.....	110
42. Pengukuran Diameter Pelet untuk Massa Jenis Partikel	110
43. Pengukuran Tinggi Pelet untuk Massa Jenis Partikel	110
44. Penimbangan Pelet untuk Massa Jenis Partikel	111
45. Penimbangan Pupuk Pelet untuk Uji Kelarutan.....	111
46. Pencampuran Aquades ke Pelet pada Uji Kelarutan.....	111
47. Pengukuran EC pada Uji Kelarutan	112
48. Pupuk Pelet yang Terlarut dalam Air.....	112
49. Penimbangan Pupuk Pelet untuk Uji Higroskopisitas	112
50. Pengujian Kuat Tekan	113

51. Pengujian Ketahanan Banting	113
52. Pengujian Ketahanan Getar	113
53. Penimbangan Pupuk Pelet setelah Uji Ketahanan Getar.....	114
54. Penimbangan Pupuk Pelet yang sudah dihaluskan untuk Uji pH	114
55. Takaran Aquades untuk Uji pH sebanyak 29 ml	114
56. Proses Pengadukan Pelet menggunakan <i>Magnetic Stirrer</i>	115
57. Pengujian pH menggunakan pH meter	115
58. Laporan Pengujian Laboratorium NPK Kompos	116
59. Laporan Pengujian Laboratorium NPK pada Arang	116
60. Laporan Pengujian Laboratorium Kandungan N pada Pelet.....	117

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pupuk merupakan zat, baik sintetis atau organik, yang ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan pasokan nutrisi penting yang meningkatkan pertumbuhan tanaman dan vegetasi di dalam tanah. Pemupukan bertujuan untuk menambah unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sebab unsur hara yang terdapat di dalam tanah tidak selalu mencukupi untuk memacu pertumbuhan tanaman secara optimal (Salikin, 2003). Pemakaian pupuk kimia yang terus menerus menyebabkan ekosistem biologi tanah menjadi tidak seimbang, sehingga tujuan pemupukan untuk mencukupkan unsur hara di dalam tanah tidak tercapai. Potensi genetis tanaman pun tidak dapat dicapai mendekati maksimal (Sutanto, 2006). Meski ditujukan untuk memberikan keuntungan bagi manusia, namun dampak dari kegiatan pemupukan pada tanah perlu diperhatikan. Hal ini khususnya pada penggunaan pupuk kimia. Jika dilakukan secara berlebihan penggunaan pupuk kimia dalam pertanian modern memiliki banyak dampak negatif terhadap kerusakan alam dan dampak dari kegiatan pemupukan pada tanah perlu diperhatikan.

Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan justru merusak tekstur tanah itu sendiri. Hal ini khususnya pada penggunaan pupuk kimia yang mana jika dilakukan secara berlebihan, penggunaan pupuk kimia bisa menimbulkan dampak yang justru merusak kesuburan tanah itu sendiri dan bukan menjadikannya subur. Pupuk kimia adalah pupuk yang dibuat oleh pabrik-pabrik pupuk dengan meramu bahan-

bahan kimia anorganik berkadar hara tinggi (Hafiz et al., 2018). Pemakaian pupuk anorganik dalam jumlah berlebihan dan pengolahan tanah secara intensif dapat merusak kualitas tanah. Alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak penggunaan pupuk kimia dengan pupuk hayati atau pupuk organik (Herdiyantoro, 2015).

Bahan organik tidak mutlak dibutuhkan di dalam nutrisi tanaman, tetapi untuk penyerapan nutrisi tanaman yang efisien, peranannya tidak boleh ditawar lagi. Bahan organik umumnya berasal dari jaringan tanaman. Residu tanaman mengandung 60-90% air dan sisa bahan keringnya mengandung karbon (C), oksigen, hidrogen (H), dan sejumlah kecil sulfur (S), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Meskipun jumlahnya sangat kecil, namun unsur hara ini sangat penting dari kesuburan tanah (Bot and Benites, 2005). Sumbangan bahan organik terhadap pertumbuhan tanaman merupakan pengaruhnya terhadap sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis dari tanah. Peranan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah yaitu memiliki peranan dalam menyediakan N, P, dan K untuk tanaman (Utami & Handayani, 2003). Seiring dengan berkembangnya kesadaran tentang pertanian berkelanjutan, semakin disadari pentingnya pemanfaatan bahan organik dalam pengelolaan hara di dalam tanah. Penggunaan bahan organik ke dalam tanah diyakini dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Engelstad, 1997).

Penggunaan pupuk organik mampu menjadi solusi dalam mengurangi pemakaian pupuk anorganik yang berlebihan, pupuk organik mempunyai berbagai manfaat antara lain meningkatkan kesuburan tanah, dalam pupuk organik mengandung unsur hara makro (N, P, K) dan mikro (Ca, Mg, Fe, Mn, Bo, S, Zn dan Co) yang dapat memperbaiki struktur dan porositas tanah. Bahan organik dapat bereaksi dengan ion logam membentuk senyawa kompleks sehingga ion-ion logam yang bersifat racun terhadap tanaman atau menghambat penyediaan unsur hara misalnya Al, Fe dan Mn dapat berkurang (Setyorini, 2005). Manfaat selanjutnya dapat memperbaiki kondisi kimia, fisika dan biologi tanah. Kehadiran dari pupuk organik akan menyebabkan terjadinya sistem pengikatan dan pelepasan ion dalam tanah sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Kemampuan pupuk

organik untuk mengikat air dapat meningkatkan porositas tanah sehingga memperbaiki respirasi dan pertumbuhan akar tanaman. Kemampuan pupuk organik untuk mengikat air dapat meningkatkan porositas tanah sehingga memperbaiki respirasi dan pertumbuhan akar tanaman. Pupuk organik merangsang mikroorganisme tanah yang menguntungkan, misal rhizobium, mikoriza dan bakteri. Manfaat selanjutnya yaitu aman bagi manusia dan lingkungan. Pemakaian pupuk organik tidak menimbulkan residu pada hasil panen sehingga tidak membahayakan manusia dan lingkungan (Sentana, 2010)

Namun dari berbagai manfaat yang didapatkan pupuk organik juga memiliki kelemahan. Pada umumnya kelemahan pupuk organik adalah kandungan unsur hara yang rendah dan lambat tersedia bagi tanaman (Jusuf, 2006). Kelemahan berikutnya yaitu pupuk kompos secara umum memerlukan dosis yang sangat tinggi. Pemberian pupuk kompos kedalam tanah yang ideal yaitu sebanyak rata-rata 18 ton hingga 25 ton per hektar per tahun. Kelemahan ini membuat penggunaan pupuk organik dalam jumlah besar yang dapat menimbulkan kesulitan dalam penyediaan, transportasi, dan aplikasinya. Terutama jika pupuk organik harus didatangkan dari tempat yang cukup jauh dari lokasi lahan, maka biaya pengangkutannya menjadi lebih mahal (Simanungkalit et al., 2006). Selain itu pupuk organik juga terkendala memiliki kelemahan terkait masalah kandungan unsur hara. Unsur hara yang dimiliki pupuk organik hanya sedikit. Dengan begitu, dalam memenuhi kebutuhan hara pada tanaman, dibutuhkan jumlah pupuk yang relatif banyak dibandingkan penggunaan pupuk kimia.

Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan dari pengangkutan dan transportasi yang mahal maka pupuk organik yang dibuat dari biomassa dapat diubah dalam bentuk yang memiliki densitas yang tinggi yaitu dibentuk menjadi pupuk kompos pelet. Pembuatan pupuk kompos pelet dilakukan dengan cara memberikan tekanan tinggi pada pupuk sehingga pupuk kompos tersebut menjadi lebih padat dan volumenya menjadi lebih kecil (Mieldazys et al., 2017). Keunggulan lain dari pupuk kompos pelet terletak pada densitas yang tinggi dibandingkan masih dalam bentuk biomassa yang belum diolah, yang memudahkan dalam penanganan, pengemasan, penyimpanan, dan transportasi (Lubis et al., 2016). Pupuk organik

pelet dapat mereduksi volume sampai 50-80% selain mereduksi debu sehingga lebih mudah diangkut (Hara, 2001).

Kandungan hara yang rendah pada kompos perlu diperkaya dengan menambahkan pupuk kimia NPK dan *biochar* (arang) sebagai pembenah tanah. Adapun salah satu limbah yang bisa dijadikan bahan baku untuk pembuatan arang yaitu limbah kelapa sawit. Salah satu limbah kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan arang yaitu tandan kosong kelapa sawit. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat terbanyak yaitu sekitar 20% dari jumlah Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang diolah dan dihasilkan di pabrik/industri pengolahan minyak kelapa sawit, TKKS merupakan limbah lignoselulosa dari pabrik kelapa sawit (Rivani et al., 2013). Produksi minyak kelapa sawit kasar di Indonesia mencapai 9 juta ton per tahun. Secara bersamaan dihasilkan pula limbah TKKS dengan potensi sekitar 2,5 juta ton per tahun. Di pabrik minyak kelapa sawit, TKKS hanya dibakar atau dibuang sehingga menimbulkan keluhan/masalah karena dapat menurunkan kemampuan tanah menyerap air. Selama ini limbah kelapa sawit banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya salah satunya polutan yang berpotensi menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan.

Banyaknya limbah yang tidak termanfaatkan dengan baik maka diperlukan adanya inovasi dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit yang dibuat menjadi arang dengan penambahan pupuk NPK sehingga kompos yang digunakan akan lebih kaya unsur hara dan struktur tanah tetap terjaga. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh penambahan pupuk NPK dan arang dari tandan kosong kelapa sawit terhadap karakteristik pupuk kompos pelet.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan pupuk NPK terhadap karakteristik pupuk kompos pelet yang dihasilkan
2. Bagaimana pengaruh penambahan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap karakteristik pupuk kompos pelet yang dihasilkan

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pupuk NPK dan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang ditambahkan pada kompos terhadap karakteristik pupuk kompos pelet yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Sebagai salah satu referensi yang memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh pemberian arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang diperkaya pupuk NPK terhadap karakteristik dari pupuk yang dihasilkan.

1.5 Hipotesis

Penambahan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pupuk NPK berpengaruh terhadap karakteristik pupuk kompos pelet yang dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Pupuk di Indonesia

Pupuk mempunyai peranan penting dalam peningkatan produktivitas pertanian, termasuk di dalamnya komoditas padi. Penggunaan pupuk yang berimbang sesuai kebutuhan tanaman telah membuktikan mampu memberikan produktivitas dan pendapatan yang lebih baik bagi petani. Kondisi inilah yang menjadikan pupuk sebagai sarana produksi yang sangat strategis bagi petani (Direktorat Pupuk dan Pesticida, 2004). Maka dari itu perlu adanya penyediaan pupuk yang memadai di tingkat petani. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa petani cenderung tidak lagi memperhatikan penggunaan pupuk berimbang, akibat di satu sisi harga jual produk pertanian yang sangat fluktuatif dan cenderung merugikan petani, serta di sisi lain semakin mahal biaya produksi. Kalau kondisi ini dibiarkan berlanjut, maka akan menyebabkan sektor pertanian semakin tidak menarik bagi petani di Indonesia yang pada akhirnya berdampak terhadap ketahanan pangan nasional (Adnyana & Kariyasa, 2000).

Tabel 1. Harga Eceran Tertinggi Pupuk di Indonesia Tahun 2016 – 2020

Tahun	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jenis Pupuk	Rp/kg	Rp/kg	Rp/kg	Rp/kg	Rp/kg	Rp/kg
Urea	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
ZA	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
TSP/SP3	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6						
NPK	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300
Organik	500	500	500	500	500	500

Sumber: (Pusdatin, 2020).

Ketersediaan pupuk yang memenuhi kriteria enam tepat (waktu, harga, jenis, jumlah, mutu, dan tempat) akan dapat meningkatkan efisiensi usaha tani, yaitu berimplikasi pada peningkatan pemanfaatan lahan dan penggunaan benih yang secara sinergis berpengaruh terhadap peningkatan produksi pertanian. Rencana penyediaan pupuk yang telah disusun perlu dilaksanakan secara konsisten dan kontinyu sebagai upaya untuk mewujudkan penyediaan, penyaluran dan penggunaan pupuk yang memenuhi kriteria enam tepat (Kasiyati & Santosa, 2004).

Tabel 2. Penggunaan Pupuk Organik dan NPK di Indonesia Tahun 2014-2019

Tahun	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jenis Pupuk	Ton/ Tahun	Ton/ Tahun	Ton/ Tahun	Ton/ Tahun	Ton/ Tahun	Ton/ Tahun
Organik	580.120	748.773	596.709	868.871	835.959	638.521
NPK	2.716.098	3.001.087	2.764.687	3.282.957	3.159.966	2.923.452

Sumber: (APPI, 2021)

Maka dari itu untuk mengurangi permasalahan yang dihadapi petani maka diperlukan efisiensi dengan pembuatan pupuk kompos dengan kandungan yang diperkaya dengan NPK dan arang yang dapat membantu para petani melakukan penggunaan pupuk yang berimbang yang dapat meningkatkan produksi pertanian.

2.2 Efek Negatif Pupuk Kimia

Pupuk merupakan zat, baik sintetis atau organik, yang ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan pasokan nutrisi penting yang meningkatkan pertumbuhan tanaman dan vegetasi di dalam tanah. Meski ditujukan untuk memberikan keuntungan bagi manusia, namun dampak dari kegiatan pemupukan pada tanah perlu diperhatikan. Hal ini khususnya pada penggunaan pupuk kimia. Jika dilakukan secara berlebihan, penggunaan pupuk kimia bisa menimbulkan dampak yang justru merusak kesuburan tanah itu sendiri dan bukan menjadikannya subur. Pupuk kimia dibuat dengan meramu bahan-bahan kimia anorganik berkadar hara tinggi. Pupuk kimia dapat memberikan efek negatif bagi lingkungan. Pemakaian pupuk kimia anorganik yang terus menerus tanpa diimbangi penggunaan pupuk organik dapat mendegradasi lahan pertanian baik secara fisik (degradasi struktur tanah), kimia dan biologi, serta polusi air tanah (Kartikawati et al., 2017). Salah

satu dampak negatif yang diakibatkan oleh degradasi lahan ini adalah penurunan jumlah produksi pertanian. Dampak negatif lain terhadap ekosistem tanah adalah pengerasan tanah, penurunan bahan organik, kontaminasi logam berat, resistensi hama dan penyakit tertentu, dan dapat menghilangkan jenis predator dan parasitoid (Stoate et al., 2018). Solusi yang diupayakan untuk menanggulangi dampak penggunaan pupuk kimia yaitu pemanfaatan penggunaan pupuk kompos yang diperkaya dengan NPK dan arang.

2.3 Kompos

Kompos merupakan pupuk yang berasal dari sisa-sisa bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisik dan struktur tanah, meningkatkan daya menahan air, kimia tanah dan biologi tanah. Sumber bahan pupuk kompos antara lain berasal dari limbah organik seperti sisa-sisa tanaman (jerami, batang, dahan), serbuk gergaji kayu, limbah kelapa sawit, sampah rumah tangga, kotoran ternak (sapi, kambing, ayam, itik), arang sekam, abu dapur dan lain- lain (Rukmana, 2007). Oleh karena bahan dasar pembuatan pupuk organik sangat bervariasi, maka kualitas pupuk yang dihasilkan sangat beragam sesuai dengan kualitas bahan dasar dan proses pembuatannya (Wiwik, 2015). Komposisi hara dalam pupuk organik sangat tergantung dari sumber asal bahan dasar. Menurut sumbernya, pupuk organik dapat diidentifikasi berasal dari kegiatan pertanian dan nonpertanian. Kegiatan pada pertanian dapat berupa sisa panen dan kotoran ternak, sedangkan dari kegiatan non pertanian dapat berasal dari sampah organik kota, limbah industri, dan sebagainya (Tan, 1993).

Menurut (Setyorini et al., 2006) Karakteristik umum dimiliki kompos antara lain:

1. Mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal
2. Menyediakan unsur hara secara lambat (slow release) dan dalam jumlah terbatas
3. Mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah.

Kompos juga memiliki peran penting untuk kesuburan tanah baik dari aspek fisik, kimia, biologi, dan aspek penting lain menurut (Wahyono, 2010) berikut beberapa manfaat pupuk kompos untuk kesuburan tanah jika dilihat dari berbagai aspek.

1. Aspek Fisik

Manfaat pupuk kompos berdasarkan dari aspek fisik tanah, bisa meningkatkan laju infiltrasi air di tanah. Dan mempengaruhi warna tanah serta meningkatkan kapasitas penyerapan panas. Apabila retensi panas yang baik, maka pertumbuhan tanaman juga baik. Pemberian kompos juga bisa mencegah erosi tanah, terutama untuk tanah dengan kemiringan tinggi.

2. Aspek Kimia

Pupuk kompos memiliki kemampuan untuk mengkonservasi materi organik yang mengembalikan nutrisi di dalam tanah. Kompos yang terbuat dari bahan organik juga mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman.

Kompos juga memiliki kemampuan menetralkan pengaruh toksik beberapa mineral dalam tanah. Dengan demikian, tanaman tidak akan menyerap mineral beracun yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman tersebut. Kompos juga bisa membantu membebaskan karbon dioksida. Hal tersebut sangat penting untuk meningkatkan proses fotosintesis.

3. Aspek Biologis

Pupuk kompos memberikan manfaat untuk meningkatkan jumlah mikroba tanah. Aplikasi kompos membantu pembentukan struktur tanah yang baik. Kompos juga bisa merangsang mikoriza yang bersimbiosis dengan akar. Penambahan mikroorganisme dalam kompos bisa meningkatkan kualitas pupuk organik ini dan berguna meningkatkan kesuburan tanah.

4. Aspek Lainnya

Jika dilihat dari aspek lain, manfaat pupuk kompos sebagai berikut:

Menekan populasi nematoda parasit, Detoksikasi pestisida yang diaplikasikan ke tanah serta Meningkatkan hasil panen berbagai tanaman.

2.4 Kekurangan Kompos

Dibalik banyaknya manfaat dari pupuk kompos yang bernilai positif, penggunaan kompos juga mempunyai pengaruh yang negatif atau merugikan, salah satunya pada kompos curah yaitu bobot dari pupuk kompos yang tergolong berat yang dapat membuat tidak efektif jika pupuk kompos diangkut ke jalur yang sulit diakses membuat ongkos pengiriman meningkat karena berat dan volume dari pupuk kompos itu sendiri dan kurang efisien dalam penyimpanan dan pengangkutannya.

Pupuk kompos juga tidak bisa digunakan dalam jumlah yang sedikit. Sehingga untuk satu hektar lahan petani harus menggunakannya hingga berton-ton pupuk kompos, yang dimana bergantung pada kondisi tanah dan jenis tanaman yang akan ditanam. Banyaknya jumlah pupuk yang dibutuhkan sering membuat petani kesulitan mencari penyuplai pupuk organik dalam jumlah besar. Penggunaan kompos yang dilakukan dalam jumlah besar ini dilakukan karena kandungan unsur hara di dalam pupuk tidak begitu banyak. Karena untuk memenuhi kebutuhan seluruh unsur hara tanaman, jumlah yang digunakan harus besar. Selain itu, cukup sulit menentukan unsur hara yang ada di dalam kompos dengan takaran pemupukan. Penggunaan pupuk organik juga dianggap kurang praktis karena jumlahnya yang terlalu besar dan kotor.

2.5 Kompos Diperkaya

Kompos mempunyai kandungan hara yang rendah dan penyediaan hara yang lambat dibandingkan dengan pupuk kimia. Namun kompos memiliki keuntungan lain yang tidak dimiliki oleh pupuk kimia, seperti peran untuk memperbaiki struktur fisik tanah dan mikrobiologi tanah. Berbagai substansi dapat meningkatkan status hara dalam kompos. Meskipun penambahan pupuk kimia dapat meningkatkan kandungan hara dalam kompos, tetapi cara ini tidak dianjurkan karena pupuk nitrogen yang ditambahkan akan menguap selain itu penambahan pupuk tidak akan menyebabkan meningkatnya hara kompos. (Setyorini et al., 2006). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kandungan hara dalam pupuk kompos, diperlukan formulasi pupuk dengan kandungan yang

diperkaya yang mempunyai kadar hara N, P, dan K. Kompos yang diperkaya merupakan kompos pupuk yang berasal dari berbagai jenis bahan, antara lain sisa tanaman (jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, sabut kelapa), serbuk gergaji, kotoran hewan, limbah media jamur, limbah pasar, rumah tangga, dan pabrik serta pupuk hijau (Wiwik , 2015).

Kompos yang diperkaya dapat dilakukan dengan pencampuran bahan-bahan tertentu dalam kompos yang bertujuan untuk memperkaya nutrisi pada kompos sehingga dapat menghasilkan produk kompos dengan unsur hara yang tinggi dan lengkap, seperti penggunaan arang dari sisa pembakaran bahan organik (Ubaidillah et al., 2018). Implementasi dari pupuk kompos yang diperkaya ini mampu mengurangi asupan bahan kimia tanpa menyebabkan penurunan produksi pertanian dengan memberikan kelebihan produk yang dihasilkan bebas residu bahan beracun untuk konsumsi (BPTP Jakarta, 2008). Sehingga untuk membuat efisien dalam penyimpanan dan pengangkutannya pupuk kompos yang diperkaya ini dapat dibuat dalam bentuk pelet.

Pupuk kompos bentuk pelet hampir sama dengan yang berbentuk butiran. Bentuknya mirip pelet ikan atau pakan burung, tetapi ukurannya lebih besar 2–3 kali lipat. Pupuk kompos bentuk pelet merupakan pupuk organik konsentrat dalam kondisi kering dengan air 10 – 20 %. Jika dibanding dengan bentuk butiran, ukuran pupuk bentuk pelet lebih besar sekitar 3–4 kali lipat. Sehingga untuk tanaman tertentu, bentuk pupuk ini lebih efisien penggunaannya dibandingkan dengan pupuk bentuk serbuk konvensional karena dosis pemakaian lebih rendah (Musnamar, 2003). Sehingga untuk efisiensi maka pupuk kompos diolah menjadi bentuk pelet sehingga lebih memudahkan dalam penyimpanan dan juga pengangkutan. Pembuatan pupuk kompos dalam bentuk pelet dapat menjadi salah satu solusi terbaik mengatasi kekurangan dari pupuk kompos dalam bentuk curah.

Menurut (Hara, 2001) dalam bentuk pelet memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

- a. Dapat meningkatkan proses nitrifikasi karena proses anaerobik dipertahankan akibat dari peluruhan kompos pelet dan melepaskan nitrogen nitrat beberapa minggu setelah kompos curah.
- b. Pupuk dalam bentuk pelet bersifat slow release, artinya proses peluruhan kompos pelet lebih lama dibandingkan dengan kompos curah. Proses peluruhan secara bertahap dapat mencegah terjadinya overdosis pada tanaman akibat pelepasan nutrisi berlebih secara cepat (*fertilizer burn*).
- c. Tidak menghasilkan debu, sehingga ramah lingkungan dan dapat diaplikasikan di dekat pemukiman penduduk.
- d. Dalam pengangkutan jarak jauh serta penyimpanan menjadi lebih efektif, dikarenakan setelah dibentuk menjadi pelet volume dari pupuk kompos mengalami penyusutan signifikan.

2.6 Kelapa Sawit

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki arti bahwa pertanian masih memegang peranan yang sangat penting dari keseluruhan perekonomian nasional. Salah satu komoditi perkebunan yang sedang digalakkan pengembangannya adalah kelapa sawit. Komoditas kelapa sawit mampu mengangkat namanya menjadi salah satu komoditas perkebunan yang handal bahkan menduduki peringkat ekspor tertinggi dari komoditi perkebunan lainnya (Nawiruddin, 2017). Setiap tahunnya produksi kelapa sawit selalu meningkat, sehingga akan terjadi peningkatan juga pada limbah kelapa sawit. Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit. Limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang dan sabut, dimana pada 1 ton kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 23% atau 230 kg (Haryanti et al., 2014). Di Indonesia, kelapa sawit dengan nama latin *Elaeis guineensis* Jacq. dari famili Palmaedi memiliki potensi yang tinggi, terbukti dari penyebarannya sudah sampai berkembang pada 22 provinsi di

Indonesia (Dianto et al., 2017). Mulanya Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) berasal dari daerah Afrika dan Amerika Selatan dan tumbuh secara liar dan setengah liar di tepi sungai. Kebun Raya Bogor menjadi tempat awal ditanamkannya di Indonesia oleh pemerintah kolonial Belanda pada tahun 1848 dan mulai berkembang sebagai komoditas perkebunan di Indonesia (Pahan, 2008).

Perkebunan kelapa sawit Indonesia berkembang secara cepat dan terjadi revolusi perkebunan sawit yang mengembangkan industri minyak sawit Indonesia secara cepat dan menjadi daya tarik masyarakat dunia, perubahan dinamika membawa perkebunan kelapa sawit pada pasar minyak nabati dunia dan menjadi produsen minyak sawit dunia, menjadikan minyak sawit sebagai minyak nabati dunia serta menggeser minyak kedelai dunia. Hasil tanaman kelapa sawit selain industri minyak dapat digunakan pada industri pangan, tekstil (bahan pelumas), kosmetik, farmasi dan biodiesel. Peningkatan produksi dapat meningkatkan limbah kelapa sawit yang dihasilkan. pangan, tekstil (bahan pelumas), kosmetik, farmasi dan biodiesel.

Limbah kelapa sawit adalah hasil proses pengolahan tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama dan dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Kandungan bahan organik yang terkandung pada limbah industri kelapa sawit terbilang cukup tinggi. Limbah padat yang dihasilkan pabrik kelapa sawit berupa tandan kosong yang jumlahnya sekitar 20 % dari TBS yang diolah dan merupakan bahan organik yang kaya akan unsur hara (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2006). Salah satu jenis limbah padat yang paling banyak dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yaitu sekitar 22–23% dari total tandan buah segar (TBS) yang diolah (Fauzi, 2002)

2.7 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Salah satu limbah industri kelapa sawit adalah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Jumlah TKKS sekitar 23% dari total tandan buah segar. Kandungan lignoselulosa seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin dalam TKKS dapat diubah dan dimanfaatkan sebagai sumber energi (Ilhamsyah et al., 2015). Kebun dan

pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah besar yang belum dimanfaatkan secara optimal seperti bagian serat dan sebagian cangkang sawit biasanya. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah salah satu produk samping (*by-product*) berupa padatan yang dihasilkan oleh pabrik minyak sawit mentah atau *crude Palm Oil* (CPO) dari industri pengolahan kelapa sawit. Setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan dihasilkan TKKS sebanyak 22–23% TKKS atau sebanyak 220–230 kg TKKS. Kandungan yang tersimpan di dalam tandan kosong kelapa sawit terdiri dari serat dengan komposisi antara lain selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tabel komposisi limbah TKKS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Parameter	Nilai (%)
Lignin	22,60
Pentosan	25,90
α - selulosa	45,80
Holosekulosa	71,88
Abu	1,6
Pektin	12,85
Kelarutan dalam:	
1% NaOH	19,50
Air dingin	13,89
Air Panas	2,50
Alkohol benzene	4,20

Sumber: (Roganda et al., 2013).

Pengolahan kelapa sawit menghasilkan jutaan ton TKKS setiap hari. Karakter dari TKKS memiliki tekstur kasar, kaku, berwarna coklat dan didominasi bahan selulosa dan lignin, dan nilai C/N yang tinggi, dan jika diolah dapat menghasilkan serat. Hasil serat dari TKKS tergolong serat alam yang jumlahnya sangat melimpah. Salah satu pemanfaatan serat TKKS yaitu mampu mengatasi permasalahan pabrik kelapa sawit yang berupa limbah.

Tandan kosong kelapa sawit memiliki banyak kegunaan salah satunya yaitu pembuatan *biochar*. Kandungan nitrogen tandan kosong kelapa sawit yang tinggi akan memacu pertumbuhan ujung tanaman sedangkan N yang terbatas akan memacu pertumbuhan akar (Engelstad, 1997). TKKS juga dapat dijadikan sebagai

pupuk yang kaya unsur hara seperti N, P, K, dan Mg sesuai yang dibutuhkan tanaman melalui proses dekomposisi. Kecukupan C-organik dan N memacu pertumbuhan tajuk yang baik dan menekan pertumbuhan akar akibat kecukupan hara sehingga menghasilkan rasio tajuk akar yang tinggi.

Tabel 4. Karakteristik Arang TKKS

Unsur Hara	Hasil Analisa %	Kategori	Metode Uji
C	22.02	-	Gravimetri
N	0.75	Rendah	Volumetri
C/N	29.36	-	-
P	0.15	Kurang	Spektrofotometri
K	1.32	Sedang	AAS
Mg	0.23	Sedang	AAS

Sumber: (Lubis, 2010).

Berikut standar kualitas arang aktif mengacu pada Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Standar Kualitas Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995

Uraian	Syarat Kualitas	
	Serbuk	Butiran
Kadar zat terbang (%)	Maks. 25	Maks. 15
Kadar air (%)	Maks. 15	Maks. 4,5
Kadar abu (%)	Maks. 10	Maks. 2,5
Bagian tak mengering	0	0
Daya serap terhadap I ₂	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni (%)	Min. 65	Min. 80
Daya serap terhadap benzena (%)	-	Min. 65
Daya serap terhadap biru metilen (mg/g)	Min. 120	Min. 60
Bobot jenis curah (g/ml)	0,3 – 0,35	0,45 – 0,55
Lolos mesh	Min. 90	-
Jarak mesh (%)	-	90
Kekerasan (%)	-	80

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional SNI 06-3730-1995, 1995).

2.8 Pirolisis

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan biomassa yang banyak ditemukan di Indonesia dan sangat berpotensi untuk dijadikan *biochar* karena pasokannya melimpah dan kandungan karakteristiknya menguntungkan. Salah satu metode yang dapat dan banyak digunakan adalah pirolisis. Metode pirolisis dipertimbangkan karena prosesnya tergolong mudah dan ramah lingkungan (Ferdianto et al., 2020).

Pirolisis merupakan suatu proses penguraian termal bahan-bahan yang terbentuk dengan rantai polimer seperti plastik ataupun material organik seperti biomassa dengan pembakaran tanpa melakukan kontak langsung dengan oksigen. Proses ini secara umum dapat berlangsung pada suhu antara 500-800 C (Aguado et al., 1999). Proses pirolisis akan menghasilkan produk berupa padatan, cair, dan gas. Hasil padat dari proses ini berupa arang (*char*). Hasil gas dan cair dapat dimanfaatkan sebagai sumber asam asetat dan fenol. Penggunaan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku proses pirolisis dapat mengatasi permasalahan limbah dari kelapa sawit.

Proses pirolisis dibagi menjadi 2, yaitu: *fast pirolysis* dan *slow pirolysis*. *Fast pirolysis* adalah proses yang mana biomassa dipanaskan dengan cepat ke temperatur 450°C-600°C dalam kondisi tanpa udara. Laju pemanasannya mencapai 100 K/detik. Pada kondisi ini akan menghasilkan uap organik, gas pirolisis dan bioarang. Dengan cara ini, sampai 70% berat biomassa dirubah menjadi bio-oil. Sedangkan *slow pirolysis* adalah suatu metode yang sesuai untuk meningkatkan kualitas biomassa sebagai bahan bakar. *Slow pirolysis* adalah proses yang mana biomassa dipanaskan dengan laju temperatur yang lambat dalam inert atmosphere ke temperatur maksimum 300 °C. Proses ini juga disebut dengan *mild pirolysis* yaitu menghilangkan kandungan produksi asap dan pembentukan produk yang solid. Dengan cara ini dapat dihasilkan produk padat yang seragam dengan kandungan air yang rendah dan kandungan energi yang lebih tinggi dari biomassa awal. Dengan cara ini akan didapatkan produk dengan $\pm 70\%$ dari berat awal dan 90% dari kandungan energi biomassa awal (Saparudin et al., 2015).

Keuntungan penerapan metode pirolisis ini adalah menghasilkan proses kimia yang ramah lingkungan dan dapat digunakan dimanapun dan kapanpun. Adapun produk bahan bakar yang dihasilkan oleh piroliser dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Pirolisis dapat mengkonversi sampah (Wijayanti et al., 2013). Metode pirolisis dan variannya diberikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Metode Pirolisis dan Variannya

Teknologi Pirolisis	Waktu Tinggal	Laju Pemanasan	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Produk
Karbonisasi Lambat	Hari	Sangat rendah	400	Arang
Cepat	5-30 menit	Rendah	600	Bio-oil, Gas, Biochar
Flash-cair	0,5-5 detik	Sangat tinggi	650	Bio oil
Flash-gas	< 1 detik	Tinggi	< 650	Bio oil
Ultra	< 0.5 detik	Tinggi	< 650	Bahan Kimia, Gas
Vakum	2-30 detik	Sangat tinggi	1000	Bahan Kimia, Gas
Hidro-pirolisis	2-30 detik	Medium	400	Bio oil
Metano-pirolisis	< 10 detik	Tinggi	< 500	Bio oil
	< 10 detik	Tinggi	> 700	Bahan kimia

Sumber: (Sukiran et al., 2009).

Keuntungan dari proses pirolisis sendiri yaitu mengurangi volume limbah di lingkungan, menghasilkan fraksi cair, padat, dan gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar maupun bahan kimia (*chemical feed stock*), sehingga mengurangi masalah lingkungan.

Proses pirolisis dapat dilakukan dengan dan tanpa katalis. Keuntungan pada pirolisis dengan katalis yaitu katalis menurunkan fraksi cair dan meningkatkan fraksi gas. Katalis yang pada proses pirolisis berfungsi untuk menurunkan temperatur reaksi, mempercepat reaksi, serta menghasilkan produk dengan karbon atom yang lebih spesifik dan hidrokarbon yang ringan (Patni et al., 2013). Salah satu produk padatan yang dapat dibuat dari proses pirolisis yaitu adalah *biochar*. Biochar dapat digunakan dalam penambahan ke dalam tanah yang mana telah menunjukkan berbagai manfaat dan sangat dipengaruhi oleh sifat dari bahan baku dan kondisi pirolisis yang digunakan untuk produksi biochar (Basso, 2012).

Berdasarkan struktur molekulnya, *biochar* secara kimiawi dan biologis lebih stabil daripada bentuk asli karbon, yang merupakan asal dari *biochar*. Hal ini menunjukkan bahwa *biochar* sulit untuk diubah kembali menjadi CO₂ yang berarti baik untuk penyerapan karbon (Shafie et al., 2012).

2.8 Syarat Mutu Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya. Bila C-organik rendah dan tidak masuk dalam ketentuan pupuk organik maka diklasifikasikan sebagai pembenah tanah organik. Pembenah tanah atau *soil ameliorant* menurut SK Mentan adalah bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral (Simanungkalit et al., 2006).

Pupuk merupakan sarana produksi yang diutamakan penggunaannya oleh petani, setelah penggunaan benih, hal ini dikarenakan petani sudah menyadari pentingnya peranan pupuk dalam peningkatan produksi dan mutu hasil pertanian. Untuk itu pemerintah berkepentingan melakukan berbagai deregulasi kebijaksanaan di bidang pupuk dengan maksud agar terwujud iklim yang kondusif bagi perdagangan pupuk di Indonesia sehingga petani lebih mudah dalam mendapatkan pupuk sesuai dengan kebutuhannya. Berikut dalam tabel 7 menunjukkan Standar mutu pupuk organik padat yang mencakup komposisi dan kadar hara pupuk organik yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian dalam bentuk Persyaratan Teknis Minimal.

Tabel 7. Syarat Mutu Pupuk Organik Padat

		STANDAR MUTU Granul/Pelet			
Parameter	Satuan	KEPMENTAN NOMOR 261/KPTS/SR.310/M/4/2019		PERATURAN MENTERI PERTANIAN NOMOR 70/Permentan/SR.140/10/2011	
		Murni	Diperkaya mikroba	Murni	Diperkaya mikroba
C – organik	%	min15	min15	min15	min15
C / N rasio		15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25
Bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil)	%	maks 2	maks 2	maks 2	maks 2
Kadar Air *)	%	8 – 20	10 – 25	8 – 20	10 – 25
Hara mikro					
• Fe total	ppm	maks 15000	maks 15000	maks 9000	maks 9000
• Fe tersedia	ppm	maks 500	maks 500	maks 500	maks 500
• Mn					
• Zn	ppm	-	-	maks 5000	maks 5000
	ppm	maks 5000	maks 5000	maks 5000	maks 5000
Logam berat:					
• As	ppm	maks 10	maks 10	maks 10	maks 10
• Hg	ppm	maks 1	maks 1	maks 1	maks 1
• Pb	ppm	maks 50	maks 50	maks 50	maks 50
• Cd	ppm	maks 2	maks 2	maks 2	maks 2
• Cr	ppm	maks 180	maks 180	-	-
• Ni	ppm	maks 50	maks 50	-	-
pH	-	4 – 9	4 – 9	4 – 9	4 – 9
Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%		min 4		min 4
Mikroba kontaminan					
• E.coli	MPN/g		< 1 x 10 ²		maks 10 ²
	MPN/g		< 1 x 10 ²		maks 10 ²
• Salmonella sp					
Ukuran butiran 2-5 mm	%	min 80	min 80	min 75	min 75
Mikroba fungsional:					
- Penambat N	cfu/g	-	≥ 1 x 10 ⁵	-	min 10 ³
- Pelarut P	cfu/g	-	≥ 1 x 10 ⁵	-	min 10 ³

Sumber: (KEPMENTAN No 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 & PERMEN RI
No 70/Permentan/SR.140/10/2011)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2022 sampai Mei 2022 di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) FP Unila, Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP), dan Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan (RSDAL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop untuk mengolah data, kamera, buku catatan, nampan, kertas label, alat penggiling daging, timbangan duduk, neraca analitik, *stopwatch*, ayakan 1 mm, 2,54 mm dan 3 mm, gelas ukur, gelas beaker, alat press hidrolik, jangka sorong, penggaris, kantong, oven, desikator, EC meter, bor duduk, RH meter, pH meter, timbangan badan maksimal 150 kg, laptop untuk mengolah data, kamera, buku catatan, nampan, kertas label, dan alat pendukung lainnya.

Bahan yang digunakan adalah pupuk kompos yang diperoleh dari Unit Bank Sampah kota Bandar Lampung, pupuk NPK 16:16:16, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan air.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam analisis parameter pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun secara faktorial. Percobaan menggunakan dua faktor dan tiga ulangan.

Faktor pertama yaitu komposisi arang tandan kosong kelapa sawit yang terdiri dari tiga taraf:

1. Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit 0% (K1)
2. Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit 10% (K2)
3. Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit 20% (K3) (Nyahu et al., 2015)

Faktor kedua yaitu penambahan pupuk NPK 16:16:16 yang terdiri dari 3 taraf:

1. Penambahan pupuk NPK dosis 0 % (N1)
2. Penambahan pupuk NPK dosis 3% (N2)
3. Penambahan pupuk NPK dosis 6% (N3) (Putro et al., 2016)

Tabel 8. Kombinasi Perlakuan

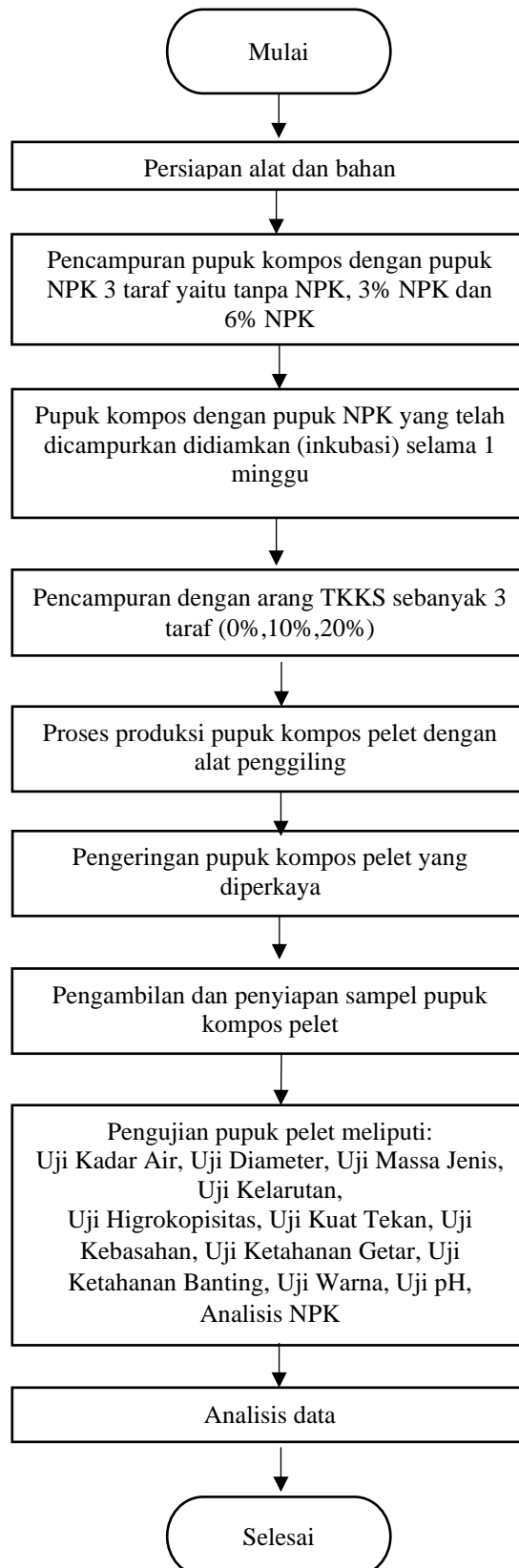
Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit	Ulangan	Dosis Pupuk NPK (%)		
		0% (N1)	3% (N2)	6% (N3)
0% (K1)	1	K1N1U1	K1N2U1	K1N3U1
	2	K1N1U2	K1N2U2	K1N3U2
	3	K1N1U3	K1N2U3	K1N3U3
10% (K2)	1	K2N1U1	K2N2U1	K2N3U1
	2	K2N1U2	K2N2U2	K2N3U2
	3	K2N1U3	K2N2U3	K2N3U3
20% (K3)	1	K3N1U1	K3N2U1	K3N3U1
	2	K3N1U2	K3N2U2	K3N3U2
	3	K3N1U3	K3N2U3	K3N3U3

Karakteristik pelet kompos dianalisis menggunakan RAL faktorial dengan pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 27 satuan percobaan.

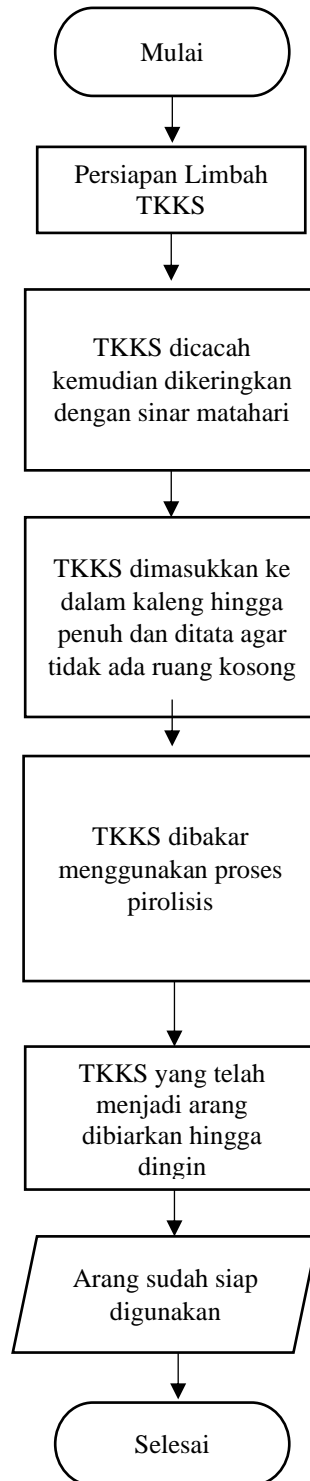
Pengujian dan pengukuran parameter dilakukan secara acak dan data dianalisis dengan menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan BNT 0,05.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

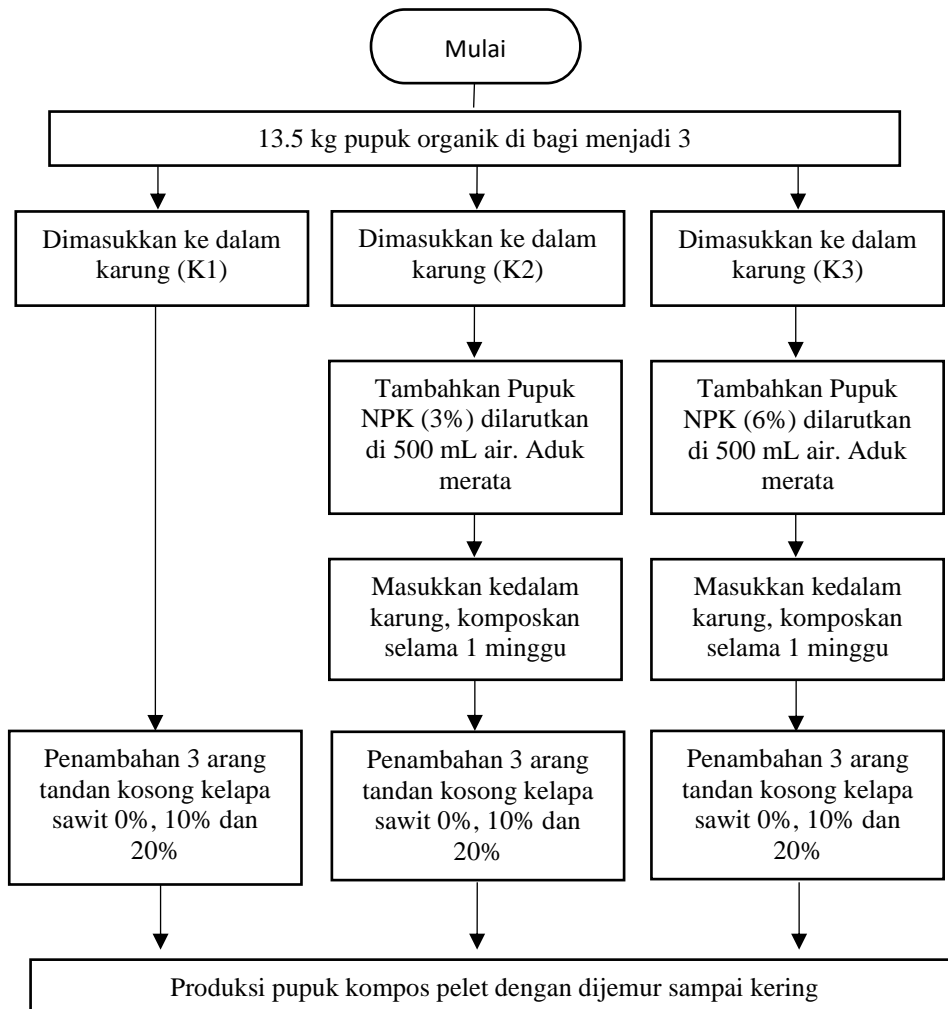
Bagan alir pelaksanaan secara ringkas disajikan pada Gambar 1, alur proses pembuatan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ditampilkan pada Gambar 2 dan proses pencampuran kompos dengan NPK dan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada Gambar 3.



Gambar 1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 2. Proses Pembuatan Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit



Gambar 3. Proses Pencampuran Kompos dengan NPK dan Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

3.4.1 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pupuk kompos dari Unit Bank Sampah Kota Bandar Lampung. Sebelumnya pupuk kompos diayak menggunakan ayakan mesh 2 mm, pupuk kompos diayak menggunakan ayakan mesh 2 mm untuk memisahkan antara pupuk remah dan kotoran-kotoran seperti bebatuan dan potongan plastik. Pupuk kompos yang telah diayak ditimbang dan dibagi menjadi 3 bagian untuk dilakukan proses pengomposan dengan pupuk NPK. Pupuk NPK yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 3 persentase yaitu 0%, 3% dan 6%. Selain menambahkan pupuk NPK, kompos nantinya ditambahkan dengan arang dari tandan kosong kelapa sawit dengan 3 taraf yaitu 0% arang tandan kosong kelapa sawit, 10% arang tandan kosong kelapa sawit dan 20% arang tandan kosong kelapa sawit.

3.4.2 Pencampuran Kompos dengan NPK dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Pupuk kompos tidak dapat langsung dicampurkan dengan pupuk NPK, sehingga diperlukan proses dalam pencampurannya. Pupuk kompos terlebih dahulu dibagi menjadi 3 karung dengan bobot setiap karungnya sebesar 4.5 kg/karung. Karung pupuk kompos pertama tidak menggunakan atau tanpa NPK, karung pupuk kompos kedua ditambahkan 3% NPK dan karung pupuk kompos ketiga ditambahkan 6% NPK. Pengomposan dilakukan dengan cara pencampuran pupuk kompos dengan pupuk NPK. Proses ini dilakukan agar pupuk kompos dengan pupuk NPK dapat menyatu. Proses pengomposan dilakukan selama 1 minggu. Pencampuran pupuk NPK ke pupuk kompos dilakukan secara bertahap dan diaduk merata selama proses pengomposan. Selama proses pengomposan, bahan-bahan ini perlu ditutup dengan rapat. Selanjutnya dilakukan pencampuran dengan arang tandan kosong kelapa sawit sesuai dengan takaran yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu 0%, 10%, dan 20%. Setelah tercampur, langkah selanjutnya adalah pencetakan pupuk pelet.

3.4.3 Pembuatan Pupuk Kompos Pelet

Pupuk kompos yang telah dicampurkan dengan pupuk NPK dan arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) akan dibagi menjadi bahan dengan jumlah kompos 4.5 kg pada setiap percobaan dan percobaan diulangi sebanyak 3 kali. Tahapan selanjutnya yaitu pencetakan pelet dengan menggunakan alat pencetak pelet (alat penggiling daging dapat dilihat pada Gambar 4). Pupuk kompos pelet akan keluar dari lubang penggiling daging kemudian dipotong dengan ukuran yang sama panjang setiap sampel percobaan. Setelah dilakukan pencetakan, pupuk pelet kemudian dikeringkan secara konvensional menggunakan sinar matahari. Penjemuran dilakukan selama 1-2 hari hingga pelet kering. Sebelum adonan pelet kering pelet dipotong menggunakan penggaris dengan bahan besi, pelet dipotong dengan menyamakan ukuran dengan panjang sekitar 1 cm, setelah adonan pelet kering, proses selanjutnya yaitu melakukan pengujian pada pelet.



Gambar 4. Alat Pencetak Pelet

3.4.4 Pengujian Pupuk Pelet

3.4.4.1 Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan cara menyiapkan sampel pelet sebanyak 25 gram, kemudian cawan kosong disiapkan dan ditimbang terlebih dahulu untuk mendapatkan berat awal, kemudian cawan di beri bahan seberat 25 gram, hasil timbangan cawan + bahan dicatat. Kemudian cawan beserta bahan di oven selama 24 jam dengan suhu 105°C hingga kadar airnya konstan, kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang kembali untuk mengetahui massa setelah di oven.

Pengujian kadar air dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$KA (\%) = \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

3.4.4.2 Uji Diameter

Pengujian diameter dilakukan dengan mengukur semua sampel pelet sebanyak 3 kali ulangan menggunakan jangka sorong digital. Pada proses pembuatan pupuk pelet dicetak menggunakan diameter lubang luaran yang sama yaitu ± 5 mm.

3.4.4.3 Massa Jenis

Pengujian massa jenis dilakukan dengan 2 percobaan yaitu uji massa jenis curah dan massa jenis partikel. Uji massa jenis curah dilakukan dengan cara menyamakan semua volume sampel yang ada, selanjutnya menimbang massa sampel setiap perlakuan dan untuk mendapatkan nilai massa jenis maka berat timbangan sampel di bagi dengan volume sampel yang telah disamakan. Pada percobaan ini bahan perlakuan dimasukkan kedalam gelas ukur 250 ml hingga berisi 250 ml, 150 ml dan 100 ml, lalu ditimbang untuk mengetahui massa pupuk dalam gelas ukur. Uji massa jenis partikel dilakukan dengan mengukur volume partikel dan menimbang untuk menentukan densitas dan kekompakan partikel penyusun partikel. Massa jenis pupuk kompos pelet dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan =

$$\rho = \text{densitas/massa jenis} \left(\frac{g}{mm^3} \right)$$

m = massa pupuk (g)

V = volume pupuk pelet (mm^3)

3.4.4.4 Uji Kelarutan (*Disintegration Time*)

Uji kelarutan dilakukan untuk mengetahui lama dari larutnya pupuk pelet di dalam air, pengujian ini menggunakan EC dalam mengukur konduktivitas di tiap

pengamatan. Pengujian dilakukan dengan cara mengamati secara visual hingga nilai konduktivitas menjadi stabil. Setiap terjadi penyusutan volume air disesuaikan dengan kondisi awal dengan mengisi kembali air perendam, kemudian nilai konduktivitas air diukur. Perbandingan yang digunakan pupuk pelet dengan air perendam setiap perlakuan yaitu 1 gr pupuk pelet dengan 100 ml air aquades.

3.4.4.5 Uji Higroskopisitas

Uji higroskopisitas adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui daya tahan atau umur simpan pelet apabila diletakkan diudara terbuka. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 1 pupuk pelet per satuan percobaan dengan 3 ulangan. Sampel yang digunakan untuk percobaan sebelumnya dioven pada suhu 105°C selama 24 jam. Setelah proses pengovenan, pupuk pelet yang digunakan pada percobaan ditimbang untuk mengetahui berat awal pupuk pelet. Kemudian pelet diletakkan di cawan dalam ruang terbuka dengan suhu berkisar 26 °C–28 °C dan kelembababan (RH) berkisar 70%–85%. Bahan ditimbang satu kali setiap pagi untuk mengetahui perubahan yang terjadi. Percobaan dilakukan hingga nilai berat pupuk pelet menjadi konstan. Uji Higroskopisitas dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DSA = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan =

DSA = Daya serap air atau higroskopisitas

m1 = Bobot hari ke-1 (Bobot awal pupuk setelah pengovenan)

m2 = bobot hari ke-2

3.4.4.6 Uji Kebasahan (*Wettability Index*)

Uji kebasahan dilakukan dengan menimbang berat satuan pelet dan memasukkan pelet ke dalam air selama 30 detik, setelah 30 detik pelet diangkat kembali dan ditimbang kembali berat pelet. Uji kebasahan kemudian dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Uji Banting} = \frac{L1}{L2} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan =

L1 = bobot sebelum pelet dimasukkan kedalam air (g)

L2 = bobot setelah pelet dimasukkan kedalam air (g)

3.4.4.7 Uji Kuat Tekan

Dalam proses uji kuat tekan, pupuk kompos pelet yang sudah melewati proses pengeringan akan diuji kuat tekan. Uji kuat tekan sendiri meliputi pengujian kekuatan pupuk pelet dengan mengambil 1 pupuk pelet per satuan percobaan dengan 3 ulangan. Pupuk yang telah siap diuji dan diketahui luas penampang pelet dari setiap perlakuan diletakkan di atas timbangan dengan posisi pupuk berdiri. Selanjutnya pelet ditekan hingga hancur dengan mesin penekan. Hasil uji kuat tekan pada pelet didapat dari data massa beban maksimum dalam satuan Kg.



Gambar 5. Alat Pres Hidrolik

Pengujian menggunakan mesin press hidrolik dan hasil uji kuat tekan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$KT = \frac{M \text{ maks } \times G}{LP} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan =

KT = Kuat tekan (MPa)

M maks = Beban maksimum di timbangan (kg)

G = Gravitasi (9,81 m/s²)

LP = Luas penampang pelet (m²)

3.4.4.8 Uji Ketahanan Banting

Uji banting dilakukan untuk menentukan ketahanan dan kekuatan pelet selama penyimpanan atau penanganan. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil pupuk pelet dengan berat 200g sebanyak 3 ulangan. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan pelet sebanyak 200g. Beban dijatuhkan pada ketinggian 150 cm. Berat beban dan tinggi jatuh yang diubah menjadi energi potensial adalah 0,76 joule. Setelah di jatuhkan pelet diamati dan ditimbang kembali. Untuk mengetahui nilai uji banting maka di lakukan perbandingan bobot pelet setelah dibanting dan sebelum di banting, kemudian diamati perubahan fisik pelet. Uji ketahanan bentur dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Uji Banting} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan =

W1 = bobot sebelum dijatuhkan (g)

W2 = bobot setelah dijatuhkan (g)

3.4.4.9 Uji Ketahanan Getar

Pengujian ketahanan getar bertujuan untuk mengetahui persentase jumlah pelet yang masih utuh setelah melalui perlakuan fisik dengan menggunakan bantuan alat mekanik. Pengujian dilakukan dengan 3 kali ulangan di setiap perlakuan. Pada satu ulangan menggunakan 1g pupuk pelet. Sebelum pengujian dimulai pelet di timbang terlebih dahulu untuk mengetahui bobot awal pelet setelah itu pelet dimasukan ke media penggetar. Botol berisikan 1 pupuk pelet dan diberi getaran selama 10 menit. Setelah 10 menit, alat mesin dimatikan dan diambil pelet yang memiliki bobot paling besar. Mesin penggetar yang digunakan memiliki frekuensi getar sebesar ± 1200 rpm atau ± 20 Hz dan amplitude dari batang penggetar sebesar 5,5 cm. Ketahanan getaran dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Ketahanan Getar} = \frac{mb}{ma} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan =

ma = massa pupuk pelet utuh (g)

mb = massa pupuk pelet setelah uji getar (g)

3.4.4.10 Uji Warna

Uji warna pelet dilakukan dengan cara menentukan intensitas warna yang terdapat pada pelet, pengukuran warna menggunakan alat kolorimeter atau *colorimeter*.

Pengujian warna pelet dilakukan dengan mengukur warna kecerahan (L^*), kromatisasi merah ($+a^*$) atau hijau ($-a^*$), dan kromatisasi kuning ($+b^*$) atau biru ($-b^*$), dan selanjutnya dilakukan perbandingan nilai L^* , a^* dan b^* untuk setiap perlakuannya

3.4.4.11 Uji pH

Uji pH digunakan untuk mengukur nilai pH dari pupuk pelet pengujian pH dibantu dengan menggunakan alat pH meter. Berdasarkan SNI 7763:2018, pengujian pH pupuk dilakukan dengan menimbang bahan sebanyak 5 gram setiap perlakuan yang setiap bahannya telah dihaluskan (≤ 1 mm). Bahan uji dimasukkan ke dalam gelas beaker berukuran 100 ml, lalu ditambahkan 29 ml air aquades. Bahan yang telah dicampurkan lalu dikocok dengan magnetic stirrer selama 5 menit. Setelah tercampur, bahan diukur menggunakan pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi.

3.4.4.12 Analisis Kandungan NPK

Analisis kandungan NPK pada kompos pelet yang diperkaya dapat dihitung dengan kadar kandungan N total yang dianalisis dengan pengukuran langsung dan kandungan P dan K dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$N = \frac{(N \text{ Kompos} \times \text{Basis kering Kompos}) + (N \text{ Arang} \times \text{Basis kering Arang}) + (N \text{ NPK} \times \text{Basis kering NPK})}{\text{Berat Total Basis Kering yang digunakan}} \dots\dots(8)$$

$$P = \frac{(P \text{ Kompos} \times \text{Basis kering Kompos}) + (P \text{ Arang} \times \text{Basis kering Arang}) + (P \text{ NPK} \times \text{Basis kering NPK})}{\text{Berat Total Basis Kering yang digunakan}} \dots\dots(9)$$

$$K = \frac{(K \text{ Kompos} \times \text{Basis kering Kompos}) + (K \text{ Arang} \times \text{Basis kering Arang}) + (K \text{ NPK} \times \text{Basis kering NPK})}{\text{Berat Total Basis Kering yang digunakan}} \dots\dots(10)$$

3.5 Analisis Data

Data yang didapat menggunakan rancangan acak lengkap faktorial akan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) kemudian dilanjutkan menggunakan uji BNT, dengan menggunakan bantuan program aplikasi Statistical Analysis System (SAS).

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan Penelitian ini adalah

1. Perlakuan penambahan Arang TKKS menunjukkan perbedaan nyata terhadap nilai kadar air, warna, diameter, massa jenis curah, massa jenis partikel, kebasahan, kelarutan, higroskopisitas, kuat tekan, ketahanan getar, pH dan kandungan NPK namun tidak berbeda nyata dengan ketahanan banting. Penambahan arang TKKS dalam pengujian cenderung meningkatkan nilai pH, kandungan NPK, diameter dan nilai kelarutan. Namun, penambahan arang TKKS cenderung menurunkan nilai massa jenis curah, massa jenis partikel, higroskopisitas, kelarutan, ketahanan getar, kuat tekan, ketahanan banting, kadar kandungan NPK dan kadar air.
2. Perlakuan penambahan pupuk NPK menunjukkan perbedaan nyata terhadap kelarutan, higroskopisitas, nilai pH dan kadar kandungan NPK namun tidak berbeda nyata terhadap kadar air, diameter, warna, massa jenis curah, massa jenis partikel, kebasahan, kuat tekan, ketahanan banting, ketahanan getar, dan kadar air. Penambahan pupuk NPK dalam pengujian cenderung meningkatkan nilai pada massa jenis curah, kadar air, higroskopisitas, ketahanan banting, kuat tekan, kelarutan dan kadar NPK. Namun penambahan pupuk NPK cenderung menurunkan massa jenis partikel, kuat tekan, dan nilai pH.
3. Perlakuan pada pupuk pelet K2N3 memiliki tingkat kelarutan yang tinggi (mudah larut) didukung oleh massa jenis curah yang, massa jenis curah, dan

ketahanan getar yang tinggi namun kurang tahan terhadap pengujian tekanan. Sampel Pupuk pelet K1N2 memiliki kelarutan rendah (lama larut) yang juga didukung dengan massa jenis curah, massa jenis partikel, dan higroskopis yang tinggi, dan juga cukup tahan terhadap pengujian tekanan, dan pengujian banting. Kedua pilihan jenis pupuk pelet ini (K2N3 dan K1N2) memenuhi standar pupuk organik pelet dalam nilai pH menurut KEPMENTAN 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dan PERMENTAN nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011

5.2 Saran

Saran yang didapatkan berdasarkan penelitian ini untuk penelitian berikutnya

1. Perlu dilakukan pengujicobaan dan penelitian lanjutan seperti pemberian dan pengaplikasian pelet secara langsung pada tanaman
2. Menggunakan ukuran diameter pelet yang lebih besar untuk meningkatkan daya tahan fisik pelet, dan menggunakan mesin pencetak pelet agar bisa mendapatkan ukuran partikel dan tekanan yang konsisten

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana M.O. dan K. Kariyasa. 2000. *Perumusan Kebijakan Harga Gabah dan Pupuk Dalam Era Pasar Bebas*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor
- Aguado, J. and Serrano, D. 1999. *Feed Stock Recycling of Plastic Waste, Chapter 2*. The Royal Society of Chemistry, London.
- APPI. 2021. *Produksi Pupuk Indonesia*. Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia. Jakarta.
- Ashman, J. M., Jones, J. M., and Williams, A. 2018. *Some Characteristics of the Self-Heating of the Large-Scale Storage of Biomass*. Fuel Processing Technology 174: 1–8. DOI: 10.1016/j.fuproc.2018.02.004.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. SNI 06-3730-1995. *Standar Kualitas Arang Aktif*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Balagopalan, C., G. Padmaja, S.K. Nanda and S.N. Moorthy. 1988. *Cassava in Food, Feed and Industry*. IRC Press, Florida.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jakarta. 2008. *Pembuatan Kompos Jerami Di Lahan Sawah / Balai Pengkajian Teknologi Pertanian*. Jakarta
- Balitbangtan. 2018. *Syarat Mutu Pupuk Anorganik dan Organik*. Balitbangtan KEMENTAN. Jakarta. Indonesia.
- Bambang. 2000. *Pemanfaatan Limbah Padat Berupa Arang Bagasse*. UPN Veteran Jatim. Jawa Timur
- Basso, A. S. 2012. Effect of Fast Pyrolysis Biochar on Physical and Chemical Properties of A Sandy Soil. *Thesis*. Iowa State University.
- Bot, A. and J. Benites. 2005. *The Importance of Soil Organic Matter, Key to Drought-resistant Soil and Sustained Food Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Chan, K.Y., van Zwieten, B.L., Meszaros, I., Downie, D. & Joseph, S., 2007. *Using poultry litter biochars as soil amendment*. Australian Journal of Soil Research, 45, 437-444.
- Darmono, N. G., Suwardi, & Darmawan. (2009). Pola Pelepasan Nitrogen dari Pupuk tersedia Lambat (*Slow-Release Fertilizer*) Urea - Zeolit - Asam Humat. Journal Zeolit Indonesia, 8(2), 89–96.
- Dianto, F., D. Efendi dan A. Wachjar. 2017. Pengelolaan Panen Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*). *Jurnal Agrohorti*, 5(3):410-417.
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian. 2006. *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Deptan. Jakarta.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2004. *Pedoman Pengawasan Pupuk Bersubsidi*. Direktorat Pupuk dan Pestisida, Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian. Jakarta.
- Engelstad, O.P. (ed). 1997. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*. Gadjah Mada University Press.
- Fauzi Y. 2002. *Kelapa Sawit, Budidaya Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ferdiyanto, A., Munfaridi, F., & Hidayat, A. (2020). Pengaruh Temperatur Proses Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Terhadap Karakteristik Bio - Oil. *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, 8(1), 12.
- Firmansyah, I., Sayuran, B. P. T., Syakir, M., Sayuran, B. P. T., & ... (2017). *Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk N, P, dan K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (Solanum melongena L.)* [The Influence of Dose Combination *Sumiati* 1989, 69–78.
<http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8044>
- Fiolita, V., Muin, A., & Fahrizal. (2017). Penggunaan Pupuk NPK Mutiara untuk Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Gaharu *Aquilaria spp* pada Lahan 60 Terbuka di Tanah Ultisol. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(3), 850–857.
- Hafiz, M., Wibowo, S. A., Purbaningsih, W., & Sriyono, S. (2018). Penyuluhan Pembuatan Microorganisme Local Bagi Warga Desa Brengkol Guna Mengurangi Penggunaan Pupuk Kimia Pada Pertanian. *Surya Abdimas*, 2(2), 21–26
- Hara, M. 2001. *Fertilizer Pelets Made from Composted Livestock Manure*. Agriculture Research Division Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center.

- Haryanti, Norsamsi, Putri Suci Fanny Sholiha, N. P. P. (2014). *Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit*. 3(2), 57–66. Universitas Mulawarman Samarinda
- Herdiyantoro, D. (2015). Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Di Desa Sukamanah Dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik Dan Olah Tanah Konservasi. *Dharmakarya*, 4(2), 47–53.
- Ilhamsyah, Arditya Rahman, Tambunan, A. H. (2015). Karakterisasi Produk Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Biopelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Bogor Agricultural University (IPB)*.
- Jaelani, A., Dharmawati, S., & Wacahyono. (2016). Pengaruh Tumpukan Dan Lama Masa Simpan Pakan Pelet Terhadap Kualitas Fisik (Effect of Stack and Time Storage of Pellet Feed to Physical Quality) *Ziraa'Ah*, 41(1974), 261–268.
- Jusuf, L. 2006. Potensi Daun Gamal Sebagai Bahan Pupuk Organik Cair Melalui Perlakuan Fermentasi. Gowa: Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP). *Jurnal Agrisistem*, Juni 2006, Vol 2 No. 1
- Kartikawati, A., Trisilawati, O., & Darwati, I. (2017). Pemanfaatan Pupuk Hayati (Biofertilizer) Pada Tanaman Rempah Dan Obat. *Perspektif*, 16(1), 33–43.
- Kasiyati, S., & Santosa, P. B. (2004). Analisis Dampak Subsidi Harga Pupuk Terhadap Output Sektor Produksi Dan Tingkat Pendapatan Rumah Tangga Di Jawa Tengah (Pendekatan Analisis I-O dan SNSE Jawa Tengah Tahun 2004). *Jurnal Organisasi dan Manajemen*, Volume 6(Maret 2010), 28–45.
- Kaya, E.,. (2014). Pengaruh Pupuk Organik Dan Pupuk Npk Terhadap pH Dan K-Tersedia Tanah Serta Serapan-K, Pertumbuhan, Dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L). *Buana Sains*, 14(2), 113–122. Budidaya, J., & Fakultas, P
- Khoiri, A. 2013. Perubahan Sifat Fisik Berbagai Jenis Tanah Di Bawah Tegakan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) yang Diaplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Di PT. Salim Ivomas Pratama. *Universitas Riau*.
- KEPMENTAN. 2019. 261/KPTS/SR./M/4/2019 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenhahan Tanah. Menteri Pertanian RI. Jakarta. Indonesia.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2012). Biochar for environmental management: An introduction. In *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (Vol. 1, pp. 1–12).

- Lubis, A.S., M. Romli, M. Yani, dan G. Pari. 2016. Mutu Biopellet dari Bagas Kulit Kacang Tanah dan Pod Kakao. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26 (1): 77-86.
- Lubis, A.U. 2010. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Di Indonesia*. Medan. Pusat Penelitian Kelapa sawit.
- Mateus, R., Kantur, D., & Moy, D. A. N. L. M. (2017). Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenh Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering Utilization of Agricultural Biochar Waste as Soil Conditioner for Improved. *Jurnal Agrotrop*, 7(2), 99–108.
- Mieldazys R., E. Jotautiene, A. Jasinskas and A. Aboltins. 2017. Evaluation of Physical Mechanical Properties Of Experimental Granulated Cattle Manure Cattle Manure Compost Fertilizer. *Engineering For Rural Development Jelgava*, 24(8):575-580. DOI: 10.22616/ERDev2017.16. N113
- Musnamar, E. I. 2003. *Pupuk Organik Padat: Pembuatan dan Aplikasinya*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Mutiara, E., Dewayatna, W., & Yulianto, T. (2019). Pemodelan Dan Simulasi Kinerja Pin Uji Bahan Bakar Pwr Dengan Uo2 Diperkaya. *Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 25(3), 193–204. <https://doi.org/10.17146/urania.2019.25.3.5692>
- Nawiruddin, M., 2017. Dampak Keberadaan Perkebunann Kelapa Sawit Dalam Peningkatan Pendapatan Masyarakat Di Kecamatan Long Kali Kabupaten Paser. *eJournal Ilmu Pemerintahan*. 5 (1) : 227-240
- Nyahu, R, Nion, Y. A., Raya, U. P., Dohong, S., Raya, U. P., & Yulianti, N. (2015). Efisiensi Biochar TKKS Plus Berbentuk Pelet Pada Pertumbuhan Vegetatif Padi Inpara 3. *Seminar Nasional Rapat Tahunan BKS-PTN Wilayah Barat Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya*
- Pahan, I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit (Manajemen Agribisnis Dari Hulu Hingga Hilir)*. Penebar Swadaya (PS). Jakarta. 412.
- Patni, N, P Shah, S Agarwal, and P Singhal. 2013. “Alternate Strategies for Conversion of Waste Plastic to Fuels.” *ISRN Renewable Energy 2013*: 1–7.
- Peter McKendry.2002. Energy Production from Biomass (Part 1): Overview of Biomass. *Bioresource Technology*. 83 (1) : 37 – 46.
- Putro, B. P., Samudro, G., & Nugraha, W. D. (2016). Pengaruh Penambahan Pupuk NPK Dalam pengomposan Sampah Organik Secara Aerobik Menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1–10.

- Pusdatin. (2020). *Statistik Sarana Pertanian Tahun 2020 Statistics of Agricultural Facilities*.
- Rahmana, I., Ananda Mucra, D., & Febrina, D. (2016). Kualitas Fisik Pelet Ayam Broiler Periode Akhir Dengan Penambahan Feses Ternak Dan Bahan Perekat Yang Berbeda. *Jurnal Peternakan*, 13(1), 33.
- Rahmawan, I. S., Arifin, A. Z., & Sulistyawati, S. (2019). Pengaruh Pemupukan Kalium (K) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kubis (*Brassica Oleraceae* Var. *Capitata*, L.). *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 3(1).
- Roganda L Lumban Gaol, Roganda Sitorus, Yanthi S, Indra Surya, & Renita Manurung. (2013). Pembuatan Selulosa Asetat Dari A -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 33–39.
- Rivani, M., Herawan, T., Sinaga, K., & Sofwan, G. A. (2013). Pembuatan Mikrokristal Selulosa Tandan Kosong Sawit Sebagai Bahan Pengisi Tablet Karoten Sawit. *Medan (ID): Departemen Farmasi, Universitas Sumatera Utara*.
- Rukmana. 2007. *Bertanam Petsai dan Sawi*. Hal 11-35. Yogyakarta : Kanisius.
- Salikin, K. A. 2003. *Sistem Pertanian Berkelanjutan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Saparudin, Syahrul, Nurchayati. (2015). *Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Terhadap Kadar Hasil Dan Nilai Kalor Briket Campuran Sekam Padi-Kotoran Ayam*. 5(1), 16–24.
- Sari, S. K., Bachtiga, N. D., & Arilianti, R. F. (2017). Analisis Perhitungan Kapasitas Dehumidifier di Gudang Phonska Departemen Rancang Bangun PT Petrokimia Gresik. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 07(1), 51–57.
- Sentana, S. (2010). Pupuk organik, Peluang dan Kendalanya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”* 1–4.
- Setyorini, D., 2005, Pupuk Organik Tingkatkan Produksi Tanaman. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 27, 13-15.
- Setyorini, D., Saraswati, R., & Anwar, E. A. K. (2006). Kompos. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*, 11–40.
- Shafie, S.T., M. A. M. Salleh. L. L. Hang, M. M. Rahman, dan W.A.W.A.K. Ghani. 2012. Effect of Pyrolysis Temperature on the Biochar Nutrient and Water Retention Capacity” *Journal of Purity, Utility Reaction and Enviromental*. 1 (6) : 323-337.

- Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini dan W. Hartatik. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan.
- SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik.
- SNI 8675-2018 tentang Pelet Biomassa
- Stoate C, N.D Boatman, R.J Borralho, C.R Carvalho, G.R de Snoo, and P. Eden. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *J Environ Manage*, 63 (4) : 337-65.
- Sukiran, C. M. Chin, dan N. K. A Bakar. 2009. Bio-oils from Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches. *American Journal of Applied Sciences*, 6 (5): 869-875
- Sutanto, R. 2006. *Penerapan Pertanian Organik (Pemasyarakatan dan Pengembangannya)*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Sutejo, M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta
- Tan, K.H. 1993. *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Tomaszewska M., and Jarosiewicz A. 2002. *Use of Polysulfone in Controlled-Release NPK Fertilizer Formulations*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 4634-4639. DOI: 10.1021/jf0116808.
- Wahyono, S. (2010). Tinjauan Manfaat Kompos Dan Aplikasinya. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi* 6(1), 29–38.
- Wibowo, S. .2022. Karakteristik Pelet Dari Limbah Cabang Hasil Penjarangan Kayu Jati Perhutani. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 16(1), 50-63.
- Wijayanti, W., Sasongko, M. N., Meidiana, C., & Yuliati, L. (2013). *Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif*. 4(2), 85–92.
- Wiwik Hartatik, L. W. (2015). Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 107–120. <https://doi.org/10.2018/jsdl.v9i2.6600>
- Ubaidillah, Maryadi, M., Dianita, R., Peternakan Universitas Jambi Jl Jambi-Ma Bulian, F. K., Darat, M., & Phokphan, C. (2018). Karakteristik Fisik dan Kimia Phospho-Kompos Yang Diperkaya dengan Abu Serbuk Gergaji sebagai Sumber Kalium (Physical and Chemical Characteristics of Phospho-compost Enriched with Sawdust Ash as Potassium Source). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 21(2), 98–109.

- Utami, S. N. H., & Handayani, S. (2003). Sifat Kimia Entisol Pada Sistem Pertanian Organik. *Ilmu Pertanian*, 10(2), 63–69.
- Yulianto, T., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Haryanto, A., Hasanudin, U., & Hidayat, W. (2020). Changes in physical properties of oil palm empty fruit bunch pellets caused by torrefaction (in Bahasa Indonesia). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(2), 104–111.
- Zubaidah, Y., & Munir, R. (2007). Aktifitas pemupukan fosfor (P) pada lahan sawah dengan kandungan P-sedang. *Jurnal Solum*, 4(1), 1-4.