

**PENGARUH KADAR AIR DAN PENAMBAHAN PUPUK NPK
TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK PUPUK KOMPOS PELET**

(Skripsi)

Oleh

DIANNISA WIDDI EKA NINGRUM



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

THE EFFECT OF WATER CONTENT AND NPK FERTILIZER ADDITION ON PHYSICAL CHARACTERISTICS OF PELLET COMPOST FERTILIZER

BY

DIANNISA WIDDI EKA NINGRUM

Making pellets from organic fertilizer is one way to facilitate the use of compost. Organic fertilizer pellets make it easy to handle, pack, store, and transport. This study aims to determine the effect of water content and NPK fertilizer addition (to the raw materials when producing the pellet) on the physical characteristics of the organic fertilizer pellets produced. This research was conducted in February 2021 - June 2021 at the Agricultural Equipment and Machinery Resources Laboratory (DAMP), the Water and Land Resources Engineering Laboratory (RSDAL) and the Bioprocess and Post Harvest Engineering Laboratory (RBPP), Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Lampung. In this study, completely randomized design (CRD) (in factorial arrangement) consisted of 2 factors, namely the water content factor, consisting of 3 levels and the NPK fertilizer factor consisting of 3 levels.

Each treatment was repeated 3 times to obtain 27 experimental units. The parameters observed in this study were density test, solubility test, hygroscopicity test, compressive strength test, vibration resistance test, impact resistance test and pH. The result of this research showed that the water content was significant at the level $\alpha=0,05$ against the results of solubility test, compressive strength testing, vibration resistance testing and pH testing. The addition of NPK fertilizer was significant at the level $\alpha=0,05$ ($P<5\%$) on the results of solubility test, impact resistance testing and pH testing. The interaction effect of water content and the addition of NPK fertilizer is significant at level $\alpha=0,05$ ($P<5\%$) toward on the results of bulk density testing, particle density testing, compressive strength testing, impact resistance testing and pH value testing.

The result revealed that the moderate moisture content (20%-25%) and the addition of NPK fertilizer by 3% to the raw materials when producing the compost pellet, was the best treatment combination in term of the pellet characteristics.

Key words : Pellet organic fertilizer, moisture content, NPK fertilizer, fortification

ABSTRAK

PENGARUH KADAR AIR DAN PENAMBAHAN PUPUK NPK TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK PUPUK KOMPOS PELET

OLEH

DIANNISA WIDDI EKA NINGRUM

Pembuatan pelet dari pupuk organik merupakan salah satu cara untuk memudahkan penggunaan pupuk kompos. Pupuk organik pelet memudahkan dalam penanganan, pengemasan, penyimpanan, dan transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air dan penambahan pupuk NPK (terhadap bahan baku pembuatan pelet) terhadap sifat fisik pupuk organik pelet yang dihasilkan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 - Juni 2021 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP), Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan (RSDAL) dan Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen (RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada penelitian ini, Rancangan Acak Lengkap (RAL) (dalam susunan faktorial) terdiri dari 2 faktor yaitu faktor kadar air, terdiri dari 3 taraf dan faktor pupuk NPK terdiri dari 3 taraf.

Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 27 unit percobaan. Parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu uji massa jenis, uji kelarutan, uji higroskopisitas, uji kuat tekan, uji ketahanan getar, uji ketahanan bentur dan uji pH. Hasil penelitian menunjukkan kadar air nyata pada taraf $\alpha=0,05$ terhadap hasil pengujian kelarutan, pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan getar dan pengujian pH. Penambahan pupuk NPK nyata pada taraf $\alpha=0,05$ ($P>5\%$) terhadap hasil pengujian kelarutan, pengujian ketahanan benturan dan pengujian pH. Pengaruh interaksi kadar air dan penambahan pupuk NPK nyata pada taraf $\alpha=0,05$ ($P>5\%$) terhadap hasil pengujian massa jenis curah, pengujian massa jenis partikel, pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan benturan dan pengujian nilai pH.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kadar air sedang (20%-25%) dan penambahan pupuk NPK sebesar 3% pada bahan baku pembuatan pelet kompos merupakan kombinasi perlakuan yang paling baik ditinjau dari karakteristik pelet.

Kata kunci : Pupuk organik pelet, kadar air, pupuk NPK.

**PENGARUH KADAR AIR DAN PENAMBAHAN PUPUK NPK
TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK PUPUK PUPUK KOMPOS PELET**

Oleh

DIANNISA WIDDI EKA NINGRUM

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi

**: PENGARUH KADAR AIR DAN
PENAMBAHAN PUPUK NPK TERHADAP
KARAKTERISTIK FISIK PUPUK
KOMPOS PELET**

Nama Mahasiswa

: Diannisa Widdi Eka Ningrum

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1714071047

Jurusan/PS

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.
NIP. 196112111987031004

Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.
NIP. 231804900214201

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

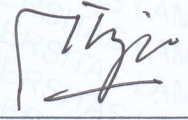
Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**



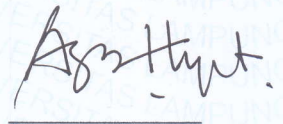
Sekretaris

: **Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**

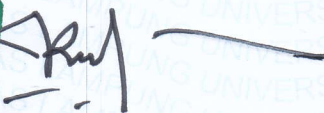


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NID. 196110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Agustus 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Diannisa Widdi Eka Ningrum NPM 1714071047**.

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. dan 2) Elhamida Rezkie Amien, S.T.P., M.Si.** dan merupakan bagian dari Penelitian Terapan dosen pembimbing dengan surat kontrak nomor: 276/E4.1/AK.04.PT/2021 tanggal 12 Juli 2021. 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, 03 September 2021

membuat pernyataan



Diannisa Widdi Eka Ningrum
NPM. 1714071047

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung, pada hari Selasa tanggal 22 Juni 1999 anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari pasangan Bapak Sadiman dan Ibu Esti Winarni, S.Kep. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Pertiwi pada tahun 2004-2005, Sekolah Dasar (SD)

Negeri 5 Talang pada tahun 2005-2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP)

Negeri 1 Batanghari pada tahun 2011-2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP)

Negeri 4 pada tahun 2013-2014 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 4

Bandarlampung pada tahun 2014-2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, pada bidang akademik penulis pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar Pertanian tahun 2018/2019, asisten praktikum teknik hidroponik tahun 2019/2020 dan asisten praktikum pengolahan limbah tahun 2020/2021. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif mengikuti organisasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai

Anggota Bidang Dana dan Usaha pada periode 2018/2019 dan 2019/2020 dan sebagai anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI).

Pada tanggal 02 Januari hingga 10 Februari 2020, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2020 selama 40 hari di Desa Lingai, Kecamatan Menggala Timur, Kabupaten Tulang Bawang. Sementara itu pada tanggal 01 Juli hingga 07 Agustus 2020, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di Sahabat Hidroponik Lampung dengan judul “Mempelajari Teknik Hidroponik Sistem Nft (*Nutrient Film Technique*) Pada Budidaya Daun Mint (*Mentha Piperita L.*) di Jaya Anggara Farm”.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran 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 **"Pengaruh Kadar Air Dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Karakteristik Fisik Pupuk Kompos Pelet"** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis 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. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasihat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;

4. Ibu Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua, yang telah memberikan bimbingan, nasihat, kritik, dan saran selama proses penyusunan skripsi;
5. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembahas yang telah memberikan nasihat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
6. Bapak dan Ibu, selaku orang tua yang telah memberikan segala doa, dukungan dan kasih sayangnya kepada penulis;
7. Sahabat seperjuanganku Patrice Kevin Marcus dan Andika Rizki Aditya selalu memberikan bantuan dukungan dan semangat kepada penulis;
8. Nasywa Maulida Hidayani dan Salma Alya Kinasih yang selalu memberikan bantuan kepada penulis diwaktu yang tidak terprediksi;
9. Seluruh Kelurga Teknik Pertanian 2017 yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu namanya, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini belum sempurna. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandarlampung, 03 September 2021

Penulis,

Diannisa Widdi Eka Ningrum

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kelapa Sawit	5
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	6
2.3 Pupuk Organik atau Kompos TKKS Bekas Media Jamur.....	7
2.4 Fortifikasi	9
2.5 Kelembapan Pupuk Pelet	10
2.6 Syarat Mutu Pupuk Organik	11
2.7 Alat Pembuat Pupuk Pelet	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.4.1 Persiapan Bahan.....	21

3.4.2 Pencampuran Pupuk Organik Dengan Pupuk NPK.....	21
3.4.3 Pembuatan Pupuk Pelet.....	22
3.4.4 Pengujian Pupuk Pelet	22
3.4.4.1 Massa Jenis	22
3.4.4.2 Uji Kelarutan	23
3.4.4.3 Uji Higroskopisitas	23
3.4.4.4 Uji Kuat Tekan	24
3.4.4.5 Uji Ketahanan Bentur	25
3.4.4.6 Uji Ketahanan Getar	25
3.4.4.7 Uji pH	26
3.5 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Massa Jenis	29
4.1.1 Massa Jenis Curah.....	29
4.1.2 Massa Jenis Partikel.....	31
4.2 Uji Kelarutan.....	34
4.3 Higroskopisitas	38
4.4 Kuat Tekan.....	39
4.5 Ketahanan Benturan	41
4.6 Ketahanan Getar.....	43
4.7 pH.....	45
4.8 Rangkuman	47
V. KESIMPULAN.....	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit	6
2. Komposisi Senyawa Selulosa Pada TKKS	8
3. Syarat Mutu Pupuk Organik Padat.....	11
4. Komposisi Bahan Baku Pupuk Kompos	16
5. Karakteristik Pupuk Kompos yang Digunakan untuk Penelitian.....	16
6. Kombinasi Perlakuan RAL Faktorial.....	17
7. Uji ANOVA Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Massa Jenis Curah	29
8. Pengaruh Interaksi Antara Kadar Air dan Dosis NPK Terhadap Massa Jenis Curah (kg/m^3)	30
9. Uji ANOVA Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Massa Jenis Partikel	32
10. Pengaruh Interaksi Antara Kadar Air dan Dosis NPK Terhadap Massa Jenis Partikel (kg/m^3)	32
11. Uji ANOVA Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kelarutan	35
12. Pengaruh Faktor Kadar Air Terhadap Kelarutan (Jam)	35
13. Pengaruh Pupuk NPK Terhadap Kelarutan (Jam)	36

14. Uji ANOVA Pengaruh Faktor Kadar Air dan Pupuk NPK Terhadap Higroskopisitas di Udara	38
15. Uji ANOVA Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kuat Tekan	40
16. Pengaruh Interaksi Antara Kadar Air dan Dosis NPK terhadap Kuat Tekan (MN/m^2)	40
17. Uji ANOVA Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Ketahanan Benturan	42
18. Pengaruh Interaksi Antara Kadar Air dan Dosis NPK Terhadap Ketahanan Benturan (%)	42
19. Uji ANOVA Pengaruh Kadar Air dan Pupuk NPK Terhadap Ketahanan Getar	43
20. Pengaruh Faktor Tunggal Kadar Air Ketahanan Getar (%).....	44
21. Uji ANOVA Pengaruh Faktor Kadar Air dan Pupuk NPK Terhadap pH .	46
22. Interaksi Uji Beda Nyata (BNT) pH	46
23. Rangkuman Perlakuan Terbaik Pengaruh Kadar Air dan Pupuk NPK terhadap Karakteristik Pupuk Kompos Pelet.....	48
24. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Massa Jenis Curah.....	60
25. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Massa Jenis Partikel	60
26. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Kelarutan	60
27. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-2 dan ke-1 Uji Serap	60
28. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-3 dan ke-1 Uji Serap	61
29. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-4 dan ke-1 Uji Serap	61

30. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-5 dan ke-1 Uji Serap	61
31. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-6 dan ke-1 Uji Serap	61
32. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-7 dan ke-1 Uji Serap	62
33. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-8 dan ke-1 Uji Serap	62
34. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-9 dan ke-1 Uji Serap	62
35. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-10 dan ke-1 Uji Serap	62
36. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-11 dan ke-1 Uji Serap	63
37. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Selisih Hari ke-12 dan ke-1 Uji Serap	63
38. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Terhadap Kuat Tekan.....	63
39. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Ketahanan Benturan.....	63
40. Uji Sidik Ragam (ANOVA) Ketahanan Getar.....	64
41. Uji Sidik Ragam (ANOVA Nilai pH.....	64
42. Data Uji Massa Jenis Curah (kg/m^3).....	65
43. Data Uji Massa Jenis Partikel (kg/m^3).....	66
44. Data Uji Larut (ppm).....	68
45. Data Uji Serap Udara (gr)	72
46. Data Uji Kuat Tekan (MN/m^2).....	75
47. Data Uji Ketahanan Benturan (%)	76
48. Data Uji Ketahanan Getar (%)	77
49. Data Uji pH	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Ekstruder.	12
2. Tata Letak Percobaan.....	17
3. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian	19
4. Proses Pencampuran Pupuk Organik dengan Pupuk NPK	20
5. Alat Press Hidrolik.....	24
6. Pengaruh Kadar Air Bahan dan Penambahan NPK Terhadap Massa Jenis Curah Pelet	30
7. Pengaruh Kadar Air Bahan dan Penambahan NPK Terhadap Massa Jenis Partikel Pelet.....	32
8. Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kelarutan	37
9. Pengaruh Faktor Kadar Air dan Pupuk NPK Terhadap Higroskopisitas di Udara	39
10. Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Kuat Tekan	40
11. Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Pupuk NPK Terhadap Ketahanan Benturan	42
12. Pengaruh Kadar Air dan Pupuk NPK Terhadap Ketahanan Getar	45
13. Pengaruh Faktor Kadar Air dan Pupuk NPK Terhadap Nilai pH	46

14. Penjemuran Pupuk	79
15. Pembagian Pupuk.....	79
16. Pencampuran Pupuk Kompos TKKS dengan Pupuk NPK.....	80
17. Pupuk NPK Mutiara.....	80
18. Pengukuran Diameter Lubang Luaran Proses Pengadonan	81
19. Pengukuran Diameter Lubang Luaran Pencetak.....	81
20. Penimbangan Cawan untuk Pengukuran Kadar Air.....	82
21. Penimbangan Bahan untuk Mengukur Kadar Air.....	82
22. Proses Pemasukan Bahan ke Mesin Ekstruder.....	83
23. Proses Mesin Ekstruder Mengolah Bahan	83
24. Penimbangan Pupuk Pelet untuk Mengukur Kadar Air.....	84
25. Pengujian Massa Jenis Curah.....	84
26. Pengukuran Tinggi Pelet untuk Massa Jenis Partikel	85
27. Pengukuran Diameter Pelet untuk Massa Jenis Partikel	85
28. Penimbangan Pelet untuk Massa Jenis Partikel	86
29. Penimbangan Pupuk Pelet untuk Uji Kelarutan.....	86
30. Pengukuran Air untuk Uji Kelarutan	87
31. Pengukuran EC pada Uji Kelarutan	87
32. Pupuk Pelet yang Pecah dalam Air	88
33. Penimbangan Pupuk Pelet untuk Uji Higroskopisitas	88

34. Pengukuran Panjang untuk Uji Kuat Tekan.....	89
35. Pengukuran Diameter untuk Uji Kuat Tekan.....	89
36. Pengujian Kuat Tekan.....	90
37. Pengujian Ketahanan Benturan	90
38. Pupuk Pelet sebelum diberi Benturan	91
39. Pupuk Pelet sesudah diberi Benturan.....	91
40. Penimbangan Pupuk Pelet untuk Uji Ketahanan Getar.....	92
41. Pupuk Pelet setelah diberi Getaran	92
42. Pengujian Ketahanan Getar.....	93
43. Penimbangan Pupuk Pelet yang sudah diremahkan untuk Uji pH.....	93
44. Air aquades yang digunakan untuk Uji pH.....	94
45. Proses stirer bahan untuk Uji pH	94
46. Pengujian pH menggunakan pH meter	95

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan pupuk kimia dalam pertanian modern memiliki banyak dampak negatif terhadap kerusakan alam. Tanah menjadi semakin miskin hara karena selain terserap oleh tanaman juga karena tanah tidak mampu mempertahankan kesuburannya dari proses pencucian (Hartemink, 2007; Rahmaliza, 2014). Populasi mikroorganisme tanah juga menipis dan tidak aktif karena kurangnya pasokan bahan organik (Miransari, 2013). Kurangnya pasokan bahan organik juga menyebabkan tanah menjadi keras dan lengket sehingga kapasitas menyerap air menjadi rendah (FAO, 2005), dan akar tanaman menjadi sulit berkembang (Juarsah et al., 2008). Selain menjadi mudah tererosi, residu pupuk dan pestisida menjadi begitu mudah terbawa oleh aliran limpasan sehingga menimbulkan pencemaran di sungai dan daerah hilir lainnya (Las et al., 2006). Kerugian yang dialami oleh petani secara langsung adalah penggunaan dosis pupuk kimia yang semakin tinggi sementara produktivitas semakin menurun.

Pasokan bahan organik di lahan pertanian budidaya dapat dilakukan dengan cara pemberian pupuk organik. Pada umumnya pupuk organik dibuat dari residu hasil pelapukan tumbuhan, hewan, sisa-sisa manusia, atau limbah-limbah pertanian. Salah satu kelebihan pupuk organik adalah kemampuannya dalam memperbaiki sifat fisik tanah. Agregat tanah menjadi mudah gembur, tidak keras, dan tidak menggumpal (Nurhayati et al., 2011), sehingga dapat melancarkan drainase dan memudahkan pertumbuhan akar tanaman. Bahan organik tanah juga dapat merangsang pertumbuhan mikroorganisme sehingga populasi mikroorganisme

menjadi lebih cepat sehingga memperkaya kandungan hara tanah. Menurut Dreval et al. (2020) bahan organik dapat meningkatkan kandungan hara nitrogen tanah hingga 12 kali lipat dibandingkan dengan aplikasi pupuk mineral nitrogen. Selain itu, bahan organik tanah juga meningkatkan kapasitas menyimpan air sehingga mengurangi laju erosi dan pencucian hara (Arsyad, 2010).

Namun demikian, pupuk organik memiliki sejumlah kelemahan. Salah satu kelemahan pupuk organik adalah jumlah penggunaannya yang besar. Penggunaan pupuk organik dalam jumlah besar menimbulkan kesulitan dalam penyediaan, pengangkutan, dan aplikasinya. Terutama jika pupuk organik harus didatangkan dari tempat yang cukup jauh dari lokasi lahan, maka biaya pengangkutannya menjadi lebih mahal (Simanungkalit, 2006). Kelemahan yang lain dari pupuk organik adalah proses pembuatannya yang memerlukan waktu cukup lama, biaya dan tenaga yang tidak sedikit. Respon tanaman terhadap pupuk organik relatif lebih lambat karena memerlukan proses mineralisasi terlebih dahulu sebelum hara bisa diserap oleh akar tanaman (Hasbianto, 2013). Selain itu kandungan hara kurang dapat mendukung produksi tanaman (Sumaryanti et al., 2019; Saputra et al., 2018).

Banyak upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan kadar nutrisi pupuk organik agar mampu mencukupi kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Sebagai contoh, penambahan pupuk kimia ke tanaman (selain pemberian pupuk organik) dapat memperbaiki karakteristik tanah dan sekaligus memenuhi kebutuhan nutrisi bagi tanaman (Lombin et al., 1991; Makinde et al., 2001; Bayu et al., 2006). Belay et al. (2001) menyatakan bahwa respon tanaman terhadap aplikasi pupuk anorganik sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik di dalam tanah.

Namun aplikasi pupuk kimia dan pupuk organik pada waktu yang tidak bersamaan menimbulkan permasalahan peningkatan penggunaan tenaga dan biaya. Upaya lain yang telah dilakukan adalah dengan penerapan teknologi fortifikasi (Marwanto et al., 2019). Fortifikasi adalah peningkatan atau pengkayaan kadar nutrisi pupuk kompos atau pupuk organik yang biasanya dengan penambahan pupuk mineral NPK (Ndung'u et al., 2009; Mieldazys et al.,

2017). Pembuatan pelet dari pupuk organik adalah cara lain untuk memudahkan penggunaan pupuk kompos. Pupuk organik pelet 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).

Pembuatan pupuk organik pelet dilakukan dengan cara memberikan tekanan tinggi sehingga bahan pupuk organik menjadi lebih padat dan volumenya menjadi lebih kecil (Mioldazys et al., 2017). Karakteristik pupuk kompos pelet fortifikasi yang dihasilkan tentu dipengaruhi oleh factor-faktor seperti tekanan pengepresan (Tumuluru, 2018), ukuran partikel bahan, kadar air bahan, dan kadar pupuk mineral NPK yang ditambahkan. Menurut Mioldazys et al. (2017) membuat pelet kompos dengan kadar air bahan 28%, menghasilkan densitas $584 \pm 16.8 \text{ kg.m}^{-3}$ dan densitas partikel pelet $789 \pm 40.4 \text{ kg.m}^{-3}$. Densitas pelet yang dihasilkan tersebut tergantung dari kekuatan mesin press yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air dan dosis pupuk NPK yang ditambahkan terhadap karakteristik fisik pupuk organik pelet.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kadar air bahan kompos terhadap karakteristik fisik pupuk pelet yang dihasilkan.
2. Bagaimana pengaruh pupuk NPK yang ditambahkan terhadap karakteristik fisik pupuk pelet yang dihasilkan

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kadar air dan pupuk NPK yang ditambahkan terhadap karakteristik fisik pupuk organik pelet yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Sebagai salah satu referensi yang memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh kadar air pupuk kompos TKKS bekas media tanam jamur merang yang diperkaya pupuk NPK terhadap karakteristik sifat fisik dari pupuk yang dihasilkan.

1.5 Hipotesis

Kadar air bahan pupuk kompos TKKS bekas media tanam jamur merang dan penambahan pupuk NPK berpengaruh terhadap karakteristik fisik pupuk organik pelet yang dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

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.

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).

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

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 1.

Tabel 1. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Parameter	Nilai (%)
Lignin	22,60
Pentosan	25,90
α - selulosa	45,80
Holoseululosa	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, 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 seperti sebagai pupuk organik. Kandungan nitrogen tandan kosong kelapa sawit yang tinggi akan memacu pertumbuhan ujung tanaman sedangkan N yang terbatas akan memacu pertumbuhan akar (Engelstad, 1997). TKKS dapat dijadikan menjadi 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.

2.3 Pupuk Organik atau Kompos TKKS Bekas Media Jamur

Menurut Hannum et al., (2014) pencemaran yang ditimbulkan dari industri kelapa sawit memiliki beberapa potensi bahan organik yang terkandung dalam limbah kelapa sawit, oleh karena itu suatu perkebunan kelapa sawit dituntut untuk mengelola limbahnya. Langkah pengelolaan limbah tersebut merupakan upaya awal untuk mengurangi dampak negatif demi mewujudkan industri yang berwawasan lingkungan. Pembuatan pupuk dari limbah sawit merupakan salah satu pemanfaatan limbah dari pabrik kelapa sawit. Beberapa bahan organik dapat dijadikan sebagai pupuk organik, adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), jerami padi, dan tithonia, karena keberadaannya yang melimpah di sekitar kita dan belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sangat terbatas yaitu ditimbun (open dumping) dan dibakar dalam incinerator (Firmansyah, 2011). Hasil samping dari industri perkebunan kelapa sawit seluruhnya dapat dimanfaatkan jika para pelaku industri mampu mengelolanya dengan baik. Menurut Mulyani (2014), Kadar hara P, K, Na, Mg, Cu, Mn pada kompos lebih tinggi dibandingkan bahan mentahnya. Tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia berupa selulosa 45,95%, hemiselulosa 22,84%, lignin 16,49%, minyak 2,41%, dan abu 1,23%.

Pemberian pupuk organik ke dalam tanah juga dapat memperbaiki struktur tanah menjadi lebih gembur, sehingga sistem perakaran dapat berkembang lebih baik dan proses penyerapan unsur hara berjalan lebih optimal (Yelianti et al., 2009). Berdasarkan hal tersebut maka TKKS berpotensi sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik. Penggunaan TKKS dalam pembuatan pupuk organik dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan secara langsung ialah dengan menggunakan TKKS sebagai mulsa, sedangkan secara tidak langsung dengan mengomposkan TKKS terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai pupuk organik (Widiastuti dan Panji, 2007).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk organik. Pupuk yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanah dan tanaman. Pemanfaatan pemberian TKKS secara langsung sebagai pupuk organik memiliki nilai jual ekonomi yang rendah. TKKS akan mengalami peningkatan nilai ekonomi jika TKKS dimanfaatkan sebagai media budidaya jamur terlebih dahulu, kemudian TKKS bekas media jamur dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik. Penggunaan TKKS sebagai media budidaya jamur dapat meningkatkan produktivitas budidaya jamur karena luas permukaan media TKKS menjadi lebih luas sehingga dekomposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin bisa lebih cepat. Komposisi senyawa kimia penyusun TKKS antara lain selulosa, lignin, holoselulosa, hemiselulosa, air dan abu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Senyawa Selulosa Pada TKKS

Komposisi	Kadar (%)
Selulosa	42.7 – 65
Lignin	13.2 - 5.32
Hemiselulosa	17.1 - 33.5
Holoselulosa	68.3 – 86.3
Alfa selulosa	41.9 – 60.6
Kadar abu	1.3 – 6.04

Sumber: Shinoj et al. (2011)

TKKS merupakan limbah perkebunan sawit, TKKS dapat dimanfaatkan dengan sangat baik sebagai media tanam jamur. TKKS merupakan media tanam yang

bagus dan lebih berkualitas dibandingkan dengan media tanam jamur yang sering digunakan. Penggunaan limbah TKKS sebagai media jamur memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Kandungan unsur hara yang terdapat di dalam TKKS juga dibutuhkan oleh jamur. Budidaya jamur khususnya jamur merang selama ini dibudidayakan pada media serbuk gergaji, ampas tebu, jerami, dan kayu. Pemanfaatan TKKS sebagai media tanam jamur merang merupakan solusi yang tepat untuk menjawab permasalahan limbah TKKS yang ada di Indonesia. Indonesia dapat menghasilkan limbah TKKS sebanyak kurang lebih 6 juta Ton TKKS dalam setahun.

2.4 Fortifikasi

Penggunaan pupuk organik memiliki banyak keuntungan dalam perbaikan sifat fisik dan sifat kimia tanah, perbaikan sifat fisik tanah dapat terjadi karena pupuk organik dapat memperbaiki agregat tanah dan dapat meningkatkan kapasitas menahan air. Namun, pemakaian pupuk organik segar memerlukan jumlah yang banyak, sulit penempatannya, membutuhkan waktu dekomposisi lama. Kendala yang dimiliki pupuk organik dapat diatasi, salah satunya yaitu dengan pengayaan unsur hara atau fortifikasi (Sentana, 2010). Pemberian pupuk anorganik sebaiknya disertai dengan pemberian pupuk organik sebagai pelengkap dan penyeimbang penggunaan pupuk anorganik (Wigati et al., 2006).

Penggunaan pupuk organik dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, serta membantu pelepasan unsur hara dari ikatan koloid tanah. Selain itu, unsur hara yang mudah hilang akibat penguapan atau terbawa perkolasi, dengan adanya pupuk organik unsur hara tersebut akan terikat sehingga tidak mudah tercuci dan dapat tersedia bagi tanaman (Paramanathan, 2013). Pupuk majemuk (NPK) merupakan pupuk anorganik yang sangat efisien dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara makro (N, P, dan K), menggantikan pupuk tunggal seperti Urea, SP-36, dan KCl yang susah diperoleh di pasaran dan sangat mahal. Keuntungan menggunakan pupuk majemuk (NPK) adalah (1) mengingat kandungan unsur haranya sama dengan pupuk tunggal dapat digunakan, (2) jika

tidak ada pupuk tunggal dapat diatasi dengan pupuk majemuk, (3) penggunaan pupuk majemuk sangat sederhana, (4) Pengangkutan dan penyimpanan pupuk ini menghemat waktu, tempat dan biaya (Pirngadi dan Abdulrachman, 2005). Unsur fosfor (P) yang berperan penting dalam transfer energi di dalam sel tanaman, mendorong perkembangan akar dan pembuahan lebih awal, memperkuat batang sehingga tidak mudah rebah, serta meningkatkan serapan N pada awal pertumbuhan. Unsur kalium (K) juga berperan sangat penting dalam pertumbuhan tanaman, seperti merangsang transfer karbohidrat dari daun ke organ tanaman (Aguslina, 2004). Penggunaan bahan organik atau kompos yang dikombinasikan dengan pupuk kimia berpengaruh baik terhadap keseimbangan unsur hara tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah.

2.5 Kelembapan Pupuk Pelet

Kandungan air pada pupuk merupakan faktor penting dalam menjaga keberlangsungan hidup mikroorganisme yang terdapat di dalamnya. Kadar air yang berlebihan dapat menyebabkan waktu penyimpanan menjadi lebih singkat dibandingkan dengan yang seharusnya. Kadar air yang berlebihan juga menyebabkan ongkos pengirimannya pun menjadi lebih mahal karena berat yang bertambah akibat kandungan air yang meningkat. Kelebihan air juga dapat menyebabkan rongga udara tempat fasa gas untuk bereaksi dengan biofilm menjadi berkurang sehingga efektifitasnya pun akan menurun. Namun, kadar air yang terlalu sedikit juga tidak baik karena dapat membunuh mikroorganisme yang terdapat di dalam pupuk. Kelembaban merupakan faktor yang sangat penting untuk menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme serta turut memberikan kontribusi pada kapasitas buffer filter (Noviani, 2009).

2.6 Syarat Mutu Pupuk Organik

Tabel 3. Syarat Mutu Pupuk Organik Padat

Parameter	Satuan	STANDAR MUTU Granul/Pelet			
		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

2.7 Alat Pembuat Pupuk Pelet

Ekstruder merupakan alat yang mampu melakukan proses pencampuran dengan baik yang bertujuan agar bahan tercampur hingga seragam dan terdispersi dengan baik (Frame, 1994). Prinsip kerja ekstruder yaitu dengan memasukkan bahan-bahan mentah yang akan diolah kemudian didorong keluar melalui suatu lubang cetakan *die-die* (*Die* itu berbentuk piringan atau silinder dengan lubang lubang cetakan yang terletak pada bagian akhir ekstruder. Lubang pada bagian ekstruder berfungsi sebagai pembentuk atau pencetak bahan/adonan setelah diolah di dalam ekstruder) dalam bentuk yang diinginkan. Alat ekstruder dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Ekstruder (Dokumen Pribadi, 2020).

Ekstruder memiliki banyak bentuk, jenis ukuran dan metode pengoperasian. Salah satu cara pengoperasian ekstruder dapat dilakukan dengan sistem hidrolik. Ekstruder jenis ini memiliki piston yang berperan untuk mendorong bahan melalui lubang pencetak (*die*) yang terletak pada ujung ekstruder. Terdapat pula ekstruder tipe roda, dengan cara kerja yaitu dua roda yang saling berputar bekertja untuk mendorong bahan keluar. Jenis ekstruder yang telah banyak dikenal saat ini ialah ekstruder tipe ulir (*screw*). Ekstruder tipe ulir memiliki putaran ulir yang akan

memompa bahan untuk keluar melalui lubang pencetak (*die*) dengan bentuk tertentu (Ardiansyah, 2016). Pengelompokan Ekstruder tipe ulir berdasarkan banyaknya energi mekanis yang dapat dihasilkan. Ekstruder yang memiliki energi mekanis tinggi dirancang untuk memberikan energi yang besar agar dapat diubah menjadi panas untuk mematangkan bahan. Ekstruder dengan energi mekanis tinggi biasa digunakan dalam produksi makanan hewan, makanan ringan dengan bentuk mengembang dan sereal (Frame, 1994).

Menurut Baianu (1992), Mesin ekstrusi (Ekstruder) tipe ulir terbagi menjadi 2 jenis yaitu ekstruder ulir tunggal (*single screw extruder/SSE*) dan ekstruder ulir ganda (*twin screw extruder/TSE*) yang telah digunakan secara luas pada produksi komersial. Ekstruder ulir tunggal/SSE memiliki ulir yang berputar di dalam sebuah barrel. Permasalahan yang sering dijumpai pada penggunaan ekstruder tipe ulir yaitu bahan yang diolah menempel pada ulir dan tergelincir dari permukaan barrel. Bahan yang tergelincir dari permukaan tidak akan menghasilkan produk dari ekstruder karena bahan ikut berputar bersama ulir tanpa terdorong ke depan. Sehingga untuk mendapatkan hasil produksi yang maksimal, maka bahan harus dapat bergerak dengan bebas pada permukaan ulir dan menempel sebanyak mungkin pada dinding.

Menurut Suharto (2013), Proses pengolahan ekstrusi dibagi menjadi tiga tahap yaitu pra-ekstrusi, ekstrusi dan tahap setelah ekstrusi (*post-extrusion*).

a. Tahap pra-ekstrusi

Terdiri dari dua langkah utama yaitu Pencampuran (*Blending*) dan penambahan air (*Moisturizing*)

b. Tahap ekstrusi

Produk yang dihasilkan pada tahap ini disebut ekstrudat. Ekstrudat ini dapat menjadi produk akhir ekstrusi atau produk yang perlu diolah lebih lanjut, hal itu tergantung dari kebutuhan kita atau jenis ekstruder yang digunakan.

c. Tahap setelah ekstrusi (*post-extrusion*)

Pada tahap ini bahan yang telah jadi dapat diolah dengan berbagai mesin yang tersedia untuk proses ini yaitu mesin pengering, *flavouring*, pemanggang,

pelapis dan pendingin yang seluruh mesin disesuaikan dengan kebutuhan pengolah. Pesatnya perkembangan teknologi di bidang ekstrusi dalam beberapa tahun terakhir, mesin ini tidak hanya dapat beroperasi secara terpisah tetapi juga dapat dihubungkan ke ekstruder.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2021 sampai Juni 2021 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP), Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan (RSDAL) dan Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen (RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop untuk mengolah data, kamera digital, buku catatan, nampan, kertas label, mesin pencetak pelet (*Extruder*), alat penimbang, timbangan duduk, neraca analitik, *stopwatch*, gelas ukur, gelas beaker, alat press hidrolik, ember, jangka sorong, penggaris, kantong, benang, balok seberat 200gram, karung, oven, EC meter, bor duduk, RH meter, pH meter, timbangan badan maksimum 150 kg, tachometer dan alat pendukung lainnya.

Bahan yang digunakan adalah pupuk kompos dengan komposisi utama yaitu tandan kosong dan komposisi bahan lainnya yaitu kotoran sapi, kotoran ayam, serbuk kelapa, abu sekam padi dan sludge limbah MSG. Tandan kosong sebelumnya digunakan dalam percobaan budidaya jamur jerami setelah percobaan budidaya selesai dilanjut digunakan sebagai tempat pertumbuhan media jamur merang. Setelah percobaan budidaya selesai dilanjut digunakan untuk percobaan produksi Organonitrofos. Bahan lainnya yaitu pupuk NPK 16:16:16 dan air.

Tabel 4. Komposisi Bahan Baku Pupuk Kompos

Materials	Volume (Liter)	Bulk Density (g/lt)	Fresh Weight		Water Content (%)	Dry Weight	
			(kg)	(%)		(kg)	(%)
Limbah Tandan	50	300.22	15.01	38.38	41.63	5.24	30.27
Kotoran Sapi	30	536.00	16.08	41.11	54.70	7.28	42.06
Kotoran Ayam	5	493.00	2.48	6.34	14.45	2.12	12.25
Serbuk Kelapa	5	256.00	1.28	3.22	80.63	0.24	6.99
Abu Sekam Padi	5	252.00	1.26	7.67	3.26	1.21	7.05
Sludge Limbah MSG	5	600.00	3.00	3.27	59.03	1.22	1.39
Total	100	391.10	39.11	100.00	21.08	17.31	100.00

(Triyono et al., 2019).

Tabel 5. Karakteristik Pupuk Kompos yang Digunakan untuk Penelitian

Raw Materials	WC (%)	Org C (%)	Total N (%)	C-N Ratio	Total P (%)	Total K (%)
Limbah Tandan	41.60	46.67	1.29	36.18	0.14	2.50
Kotoran Ternak	70.00	22.71	1.47	15.45	1.93	1.16
Serbuk Kelapa	19.54	44.67	0.56	79.77	0.27	0.77
Kotoran Ayam	55.00	22.34	2.26	9.88	0.54	0.46
Abu Sekam Padi	9.02	51.34				
Sludge Limbah MSG	20.00				21.74	

(Triyono et al., 2019).

3.3 Metode Penelitian

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

Faktor pertama yaitu kadar air yang terdiri dari tiga taraf:

1. Kadar air 10% - 15% (K1)
2. Kadar air 20% - 25% (K2)
3. Kadar air 30% - 35% (K3)

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) yaitu 120 g/ 4 kg pupuk organik
3. Penambahan pupuk NPK dosis 6% (N3) yaitu 240 g/ 4 kg pupuk organik

Tabel 6. Kombinasi Perlakuan RAL Faktorial

Kadar Air	Ulangan	Dosis Pupuk NPK (%)		
		0% (N1)	3% (N2)	6% (N3)
10% - 15% (K1)	1	K1N1U1	K1N2U1	K1N3U1
	2	K1N1U2	K1N2U2	K1N3U2
	3	K1N1U3	K1N2U3	K1N3U3
20% - 25% (K2)	1	K2N1U1	K2N2U1	K2N3U1
	2	K2N1U2	K2N2U2	K2N3U2
	3	K2N1U3	K2N2U3	K2N3U3
30% - 35% (K3)	1	K3N1U1	K3N2U1	K3N3U1
	2	K3N1U2	K3N2U2	K3N3U2
	3	K3N1U3	K3N2U3	K3N3U3

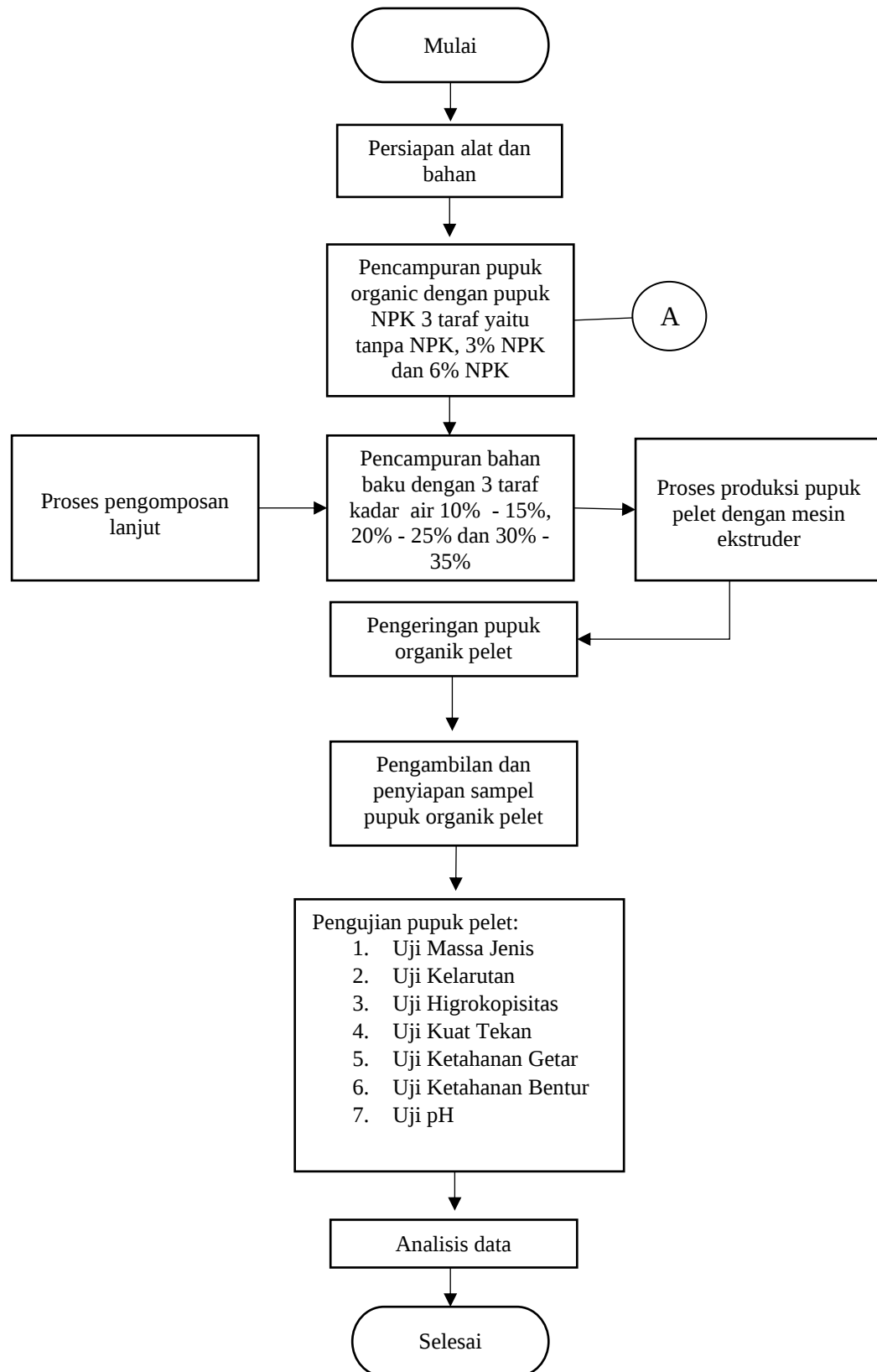
Masing-masing perlakuan kombinasi mengalami pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 27 satuan percobaan. Data dianalisis dengan menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan BNT 0,05.

K1N3U2	K1N1U2	K3N1U1
K1N1U3	K2N2U1	K2N3U2
K3N2U1	K1N1U1	K3N2U3
K2N1U3	K2N1U2	K1N2U1
K1N3U1	K2N2U2	K2N3U1
K3N2U2	K1N2U2	K1N3U3
K2N3U3	K2N1U1	K3N1U3
K1N2U3	K3N3U1	K3N3U2
K3N1U2	K3N3U3	K2N2U3

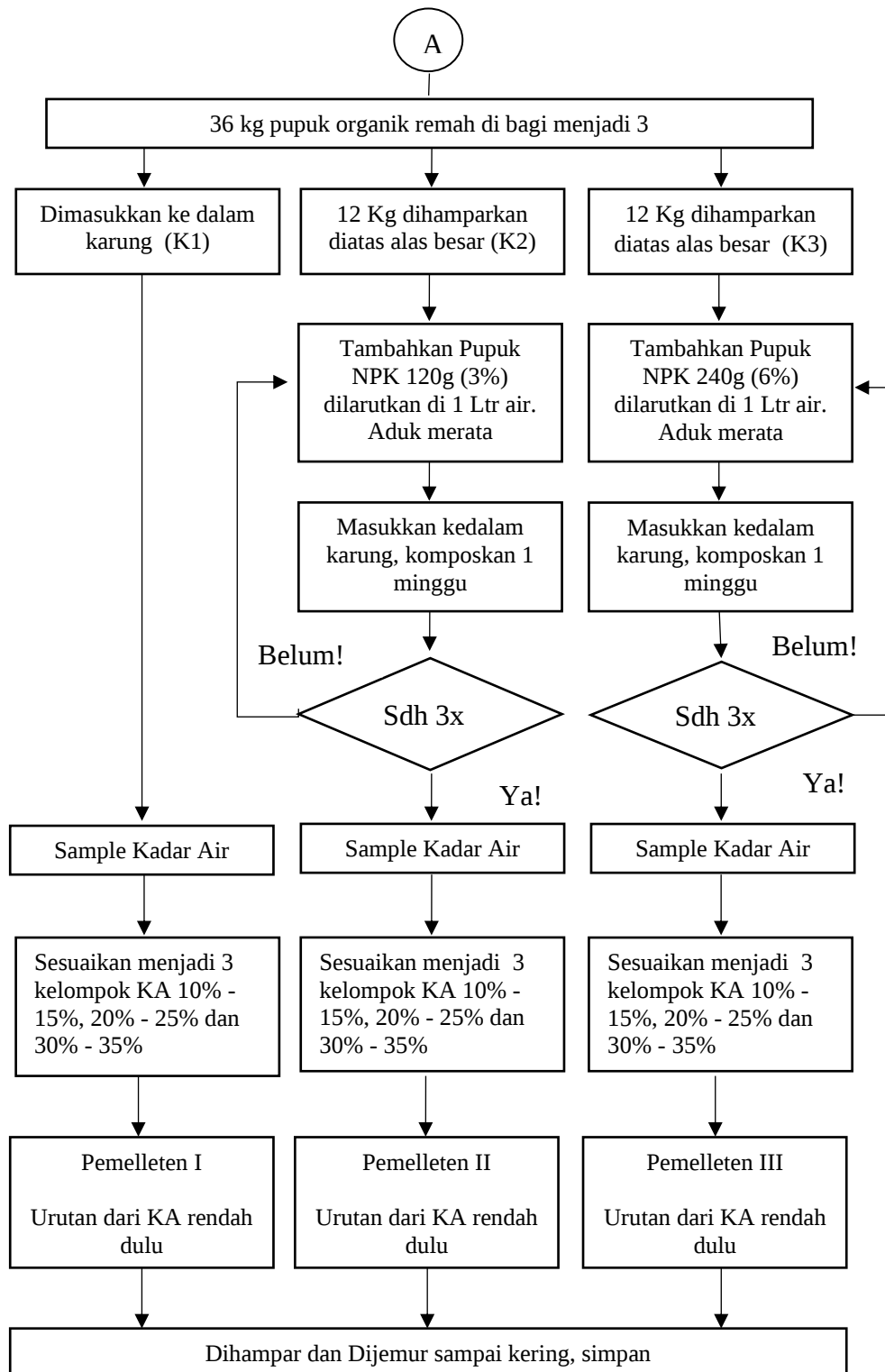
Gambar 2. Tata Letak Percobaan

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir pelaksanaan secara ringkas disajikan pada Gambar 3 dan alur proses pencampuran pupuk organik dengan pupuk NPK ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 4. Proses Pencampuran Pupuk Organik dengan Pupuk NPK

3.4.1 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pupuk remah organik dari hasil percobaan tandan kosong yang digunakan sebagai tempat pertumbuhan media jamur merang setelah percobaan budidaya selesai dilanjutkan dengan tandan kosong digunakan untuk percobaan produksi Organonitrofos. Pupuk remah organik yang telah diayak menggunakan ayakan mesh 2 mm untuk memisahkan antara pupuk remah dan kotoran-kotoran seperti bebatuan dan potongan plastik. Pupuk remah organik yang telah diayak ditimbang dan dibagi menjadi 3 bagian untuk dilakukan proses pengomposan dengan pupuk NPK dan air. Pupuk NPK yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 3 persentase yaitu 0%, 3% (120 g NPK/ 4 kg kompos) dan 6% (240 g NPK/ 4 kg kompos). Dosis penggunaan pupuk NPK pada penelitian ini menggunakan penerapan pada tanaman padi (*Oryza sativa L.*). Air digunakan pada penelitian ini untuk menambahkan kadar air pada pupuk pelet dan kadar air yang digunakan pada penelitian ini memiliki 3 persentase yaitu 10% - 15%, 20% - 25% dan 30% - 35%

3.4.2 Pencampuran Pupuk Organik Dengan Pupuk NPK

Pupuk organik tidak dapat langsung dicampurkan dengan pupuk NPK, sehingga diperlukan proses dalam pencampurannya. Pupuk kompos dibagi menjadi 3 karung dengan bobot setiap karungnya sebesar 12 kg. Karung pupuk organik pertama tidak menggunakan atau tanpa NPK, karung pupuk organik kedua ditambahkan 3% (360 gr) NPK dan karung pupuk organik ketiga ditambahkan 6% (720 gr) NPK. Pengomposan dilakukan dengan cara pencampuran pupuk organik dengan pupuk NPK. Proses ini dilakukan agar pupuk NPK dapat menyatu dengan bahan organik. Pengomposan bahan dilakukan selama 3 minggu. Pencampuran pupuk NPK ke pupuk organik dilakukan secara bertahap dan diaduk merata selama proses pengomposan. Selama proses pengomposan, bahan-bahan ini perlu ditutup rapat.

3.4.3 Pembuatan Pupuk Pelet

Pupuk kompos yang telah siap diolah akan dibagi menjadi 9 bahan dengan jumlah pupuk organik yang digunakan untuk setiap unit percobaan yaitu 4 kg. Setiap bahannya akan diberi air sesuai dengan takaran yang diinginkan, diantaranya kadar air 10% - 15%, 20% - 25% dan 30% - 35%. Proses selanjutnya yaitu pembuatan pelet dengan mesin ekstruder, proses ini dilakukan dengan menggiling pada setiap perlakuan. Pupuk pelet akan keluar dari lubang mesin ekstruder. Proses ini dilakukan pada perlakuan lainnya. Setelah proses ekstrusi selesai, langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengeringan. Pengeringan dilakukan dengan 2 tahapan yaitu pengeringan dengan penjemuran dibawah sinar matahari langsung dan pengovenan. Proses pengovenan dilakukan mulai sore hari dan dilakukan dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Penjemuran terus dilakukan hingga kering. Setelah adonan pelet kering, proses selanjutnya yaitu pemotongan atau penyamaan ukuran setiap butiran pelet hingga sesuai ukuran yang diinginkan.

3.4.4 Pengujian Pupuk Pelet

3.4.4.1 Massa Jenis

Uji massa jenis terdiri dari 2 percobaan yaitu uji massa jenis curah dan massa jenis partikel. Uji massa jenis curah dilakukan dengan langkah yaitu menyamakan semua volume sampel yang ada, kemudian 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 dimasukan kedalam gelas ukur 500 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 menimbang dan mengukur volume partikel untuk menentukan densitas dan kekompakan partikel penyusun partikel. Massa jenis pupuk organik pelet dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan =

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

m = massa pupuk (g)

V = volume pupuk pelet (mm^3)

3.4.4.2 Uji Kelarutan

Uji kelarutan dilakukan untuk mengetahui lama waktu kelarutan dari komponen terlarut dari pupuk pelet di dalam air, dengan mengukur EC setiap waktu pengamatan. Pengujian diamati 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 250ml air aquades.

3.4.4.3 Uji Higroskopisitas

Uji higroskopisitas merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui daya tahan atau umur simpan pelet jika di letakkan 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 $105^{\circ}C$ 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 $26^{\circ}C$ hingga $28^{\circ}C$ dan RH berkisar 70% hingga 85%. Bahan ditimbang satu kali setiap pagi untuk mengetahui perubahan yang terjadi. Percobaan dilakukan hingga nilai berat pupuk pelet menjadi konstan.

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

Keterangan =

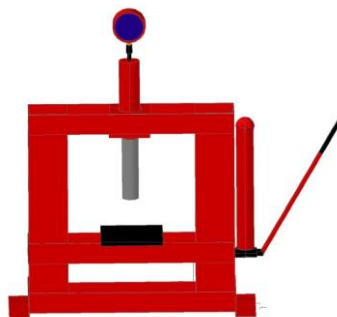
DSA = Daya serap air atau higroskopisitas

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

m2 = bobot hari ke-2

3.4.4.4 Uji Kuat Tekan

Dalam proses pengujian kuat tekan, pupuk 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. Pengujian menggunakan mesin press hidrolik dan hasil uji kuat tekan dihitung menggunakan rumus berikut.



Gambar 5. Alat Press Hidrolik

$$KT = \frac{M \text{ maks} \times G}{LP}$$

Keterangan =

KT = Kuat tekan (MPa)

M maks = Beban maksimum di timbangan (kg)

G = Gravitasi (9,81 m/s²)

LP = Luas penampang pelet (m²)

3.4.4.5 Uji Ketahanan Bentur

Uji bentur dilakukan untuk menentukan ketahanan dan kekuatan pelet selama penyimpanan atau penanganan. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 1 pupuk pelet per satuan percobaan dengan 3 ulangan. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan beban seberat 200 gram. Beban dijatuhkan pada ketinggian 39 cm dengan posisi pelet berdiri dibawah beban. 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 bentur maka dilakukan perbandingan bobot pelet setelah dibentur dengan berat pelet sebelum di bentur, kemudian diamati perubahan fisik pelet.

$$\text{Ketahanan Bentur} = \frac{mb}{ma} \times 100\%$$

Keterangan =

ma = bobot awal (g)

mb = bobot setelah dijatuhkan (g)

3.4.4.6 Uji Ketahanan Getar

Uji getar digunakan untuk mengetahui persentase jumlah pelet yang masih utuh setelah melalui perlakuan fisik dengan alat mekanik. Pengujian dilakukan dengan 3 ulangan di setiap perlakuan. Pada satu ulangan menggunakan 1 sampel pupuk pelet. Lalu pelet di timbang untuk mengetahui bobot awal pelet dan 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 basar. Mesin penggetar yang digunakan memiliki frekuensi getar sebesar ± 1200 rpm atau $\pm 20Hz$ dan amplitude dari batang penggetar sebesar 5,5 cm. Nilai bahan hasil diberi getaran dihitung dengan persamaan:

$$\text{Ketahanan Getar} = \frac{mb}{ma} \times 100\%$$

Keterangan =

ma = massa pupuk pelet utuh (g)

mb = massa pupuk pelet setelah uji (g)

3.4.4.7 Uji pH

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

3.5 Analisis Data

Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji BNT, dengan menggunakan program aplikasi Statistical Analysis System (SAS).

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah

1. Perlakuan kadar air menunjukkan pengaruh nyata terhadap kelarutan, kuat tekan, ketahanan getar dan pH, namun tidak berbeda nyata dengan massa jenis partikel, massa jenis curah, higroskopisitas dan ketahanan benturan pada pupuk pelet yang telah dihasilkan.
2. Perlakuan penambahan dosis NPK menunjukkan pengaruh nyata terhadap kelarutan, ketahanan benturan dan pH, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap massa jenis partikel, massa jenis curah, kuat tekan, higroskopisitas dan ketahanan getar pada pupuk pelet yang dihasilkan.
3. Perlakuan K2N3 menghasilkan pupuk pelet yang mudah larut (kelarutan tinggi) dan memiliki sifat massa jenis curah yang tinggi, massa jenis partikel yang tinggi, dan tahan getaran, namun bersifat higroskopis, kurang tahan terhadap tekanan dan benturan. Sementara perlakuan K1N2 menghasilkan pupuk pelet yang tidak mudah larut (kelarutan rendah) dan memiliki sifat-sifat massa jenis curah tinggi, massa jenis partikel tinggi, higroskopis rendah, tahan tekanan, tahan benturan tetapi kurang tahan terhadap getaran. Dalam hal nilai pH, kedua produk pupuk pellet tersebut memenuhi syarat dari KEPMENTAN Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dan peraturan MENTERI PERTANIAN nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011.

5.2 Saran

Saran berdasarkan penelitian ini untuk penelitian selanjutnya:

1. Setelah mengetahui proses pembuatan pelet, disarankan pada pembuatan pelet dipenelitian selanjutnya perlu melakukan penakaran kadar air bahan dengan tepat.
2. Disarankan untuk pengujian secara langsung pada tanaman agar diketahui bagaimana keefektifan pupuk pelet yang telah dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih Y., Dan Sitorus S. 2017. Pemanfaatan Tulang Ikan Sebagai Alternatif Pemerkaya Fosfor Pupuk NPK Berbahan Dasar Limbah Sludge Industri Sawit. *Prosiding Seminar*. Balai Riset Dan Standardisasi Industri Samarinda. Universitas Mulawarman.
- Aguslina, L. 2004. *Dasar Nutrisi Tanaman*. PT. Rineka Cipta. Jakarta. 20 hlm.
- Alemi, H., M. H. Kianmehr, and A. M. Borghae. 2010. Effect of Pellet Processing of Fertilizer on Slow-Release Nitrogen in Soil. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(2):74-80.
- Ardiansyah, M.R. 2016. Experimental Study Of Biocomposite Pelet Variation In Composition (Polypropylene, Rice Husk And Maleic Anhydride Pp) To Termal Properties & Surface Structure As Plastic Alternatif Material. [Tugas Akhir]. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Arsyad, S. 2006. Damanik, M. M. B, B. E. Hasibuan, Fauzi, Syarifuddin, H. Hanum, 2011. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan, Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor. 396 hal. Medan.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor.
- Astuti, A. 2005. Aktivitas Proses Dekomposisi Berbagai Bahan Organik Dengan Aktivator Alami dan Buatan. *Jurnal Dekomposisi*, 13(2):92-104.
- Badan Standardisasi Nasional. 2018. SNI 7763:2018 Syarat Mutu Pupuk Organik Padat. BSN. Jakarta.
- Baianu, I.C. 1992. *Basic Aspect Of Food Extrusion, Physical Chemistry Of Food Process: Principle, Techniques And Application*. Textbook, VNR Vol. 2 New York, USA.
- Balitbangtan. 2018. Syarat Mutu Pupuk Anorganik dan Organik. Balitbangtan KEMENTAN. Jakarta. Indonesia.

- Bayu, W., N. F. G Rethman, P. S. Hammes and G. Alemu. 2006. Effects of farmyard manure and inorganik fertilizers on sorghum growth, yield and nitrogen use in a semi arid area of Ethiopia. *J. Plant Nutrition*, 29(2):391-407.
- Belay, A., A. S. Classens, F. C. Wehner and J. M. De Beer. 2001. Influence of residual manure on selected nutrient elements and microbial composition of soil under longterm crop rotation. South Africa. *J. Plant and Soil*, 18(1):1-6.
- Colley Z., O. O. Fasina, D. Bransby, and Y. Y. Lee. 2006. Moisture Effect on The Physical Characteristics of Switchgrass Pellets. *T ASAE*, 49(6):1845-1851.
- 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. 81 hal.
- Dreval, Y., V. Loboichenko, A. Malko, A. Morozav, S. Zaika and V. Kis. 2020. The Problem of Comprehensive Analysis Of Organik Agriculture As A Factor Of Environmental Safety. *Environmental And Climate Technologies*, 24(1):58–71 <https://doi.org/10.2478/Rtuect-2020-0004>.
- Engelstad, O.P. 1997. *Teknologi Dan Penggunaan Pupuk*. Edisi Ke tiga. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- FAO. 2005. The importance of soil organik matter. *FAO SOILS BULLETIN 80*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org>.
- Fauzi Y. 2002. *Kelapa Sawit, Budidaya Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- 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. Dinas Pertanian dan Peternakan Provinsi Kalimantan Tengah.
- Frame, N.D. 1994. *The Technolog Of Extrusion Cooking*. Springer Publisher, Diambil Dari [Http://Books.Google.Com/Books?Hl=En&Lr=&Id=W6sro7ei0gmc&Oi=Fnd&Pg=PA1&Dq=Frame+N.D,+Extrusion&Ots=FtvBJ2bZ6g&Sig=Mtlojb_Xzwygo1gzydjp](http://Books.Google.Com/Books?Hl=En&Lr=&Id=W6sro7ei0gmc&Oi=Fnd&Pg=PA1&Dq=Frame+N.D,+Extrusion&Ots=FtvBJ2bZ6g&Sig=Mtlojb_Xzwygo1gzydjp), Diakses Pada Hari Jumat 09 Oktober 2020.
- Hannum, J., H. Chairani dan J. Ginting. 2014. Kadar N, P daun dan produksi kelapa sawit melalui penempatan TKKS pada rorak. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4):1279- 1286.

- Hara, M. 2001. Fertilizer Pelets Made from Composted Livestock Manure. *Agriculture Research Division Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center*.
- Hartemink, A.E. 2007. Soil Fertility Decline: Definitions and Assessment. *ISRIC–World Soil Information*. Wageningen, The Netherlands. https://www.researchgate.net/publication/40106684_Soil_Fertility_Decline_Definitions_and_Assessment.
- Hasbianto, A. 2013. Aplikasi Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Dan Mutu Fisiologis Benih Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) Di Lahan Kering Masam. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan. Hal 350- 374.
- Hidayatullah W., T. Rosmawaty dan M. Nur. 2020. Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing Dan Npk Mutiara 16:16:16 Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Okra (*Abelmoschus Esculentus* (L.) Moenc.) Serta Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) dengan Sistem Tumpang Sari. *Jurnal Dinamika Pertanian*, XXXVI (1):11-20.
- Jahan M.S., M. Asaduzzaman and A. K. Sarkar. 2006. Performance of Broiler Fed on Mash, Pellet and Crumble. *Int. J. Poultry Sci*, 5(3):265-270.
- Jasinskas A., R. Mieldazys, J. s Pekarskas, S. Cekanauskas, A. Machalek And J. Soucek. 2017. The Assessment of Organic and Natural Magnesium Mineral Fertilizers Granulation and The Determination of Produced Pellet Properties. *Proceedings of the 8 th International Scientific Conference Rural Development*. <http://doi.org/10.15544/RD.2017.040>.
- Jasinskas A., R. Mieldazys, R. Domeika, E. Vaiciukevicius, J. Césna, and J. Pekarskas. 2017. Research of Cattle Manure Compost Fertilizer Granulation and Determination of Granules Quality Indicators. *Agritech Science*. Vol. 18.
- Juarsah I., R.D. Yustika dan A. Abdurachman. 2008. *Pengendalian Erosi Dan Kahat Bahan Organik Tanah Pada Lahan Kering Berlereng Mendukung Produksi Pangan Nasional*. Prosiding Seminar Nasional Dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Buku II: Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- 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.
- KEPMENTAN. 2019. 261/KPTS/SR./M/4/2019 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenahan Tanah. Menteri Pertanian RI. Jakarta. Indonesia.

- Las, I., K. Subagyo dan A.P. Setiyanto. 2006. Isu dan Pengelolaan Lingkungan dalam Revitalisasi Petanian. *Prosiding Seminar Multifungsi Dan Revitalisasi Pertanian*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Lombin, G., J. A. Adepetu and K. A. Ayotade, 1991. Complementary use of organik manures and inorganik fertilizers in arable crop production. *Paper Presented at the Organik Fertilizer Seminar, Kaduna*. March 6-8th.
- 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.
- Makinde, E. A., A. A. Agboola and F. I. Oluwatoyinbo. 2001. The effect of organik and inorganik fertilizers on the growth and yield of maize in a maize/melon intercrop. *Moor Journal of Agricultural Research*, 2(1):15-20.
- Manurung, R. H. 2013. Pengaruh Pemberian Kompos Kulit Durian pada Entisol, Inceptisol, dan Ultisol Terhadap Beberapa Aspek Kesuburan Tanah (pH, C Organik, dan N Total) serta Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Margiyanto dan Eko. 2007. *Ilmu Tanah Pertanian*. Penerbit Pustaka Buana. Bandung.
- Marwanto M., S.P. Wati, A. Romeida dan M. Handajaningsih, Usman Siswanto, Teguh Adiprasetyo, Bambang Gonggo Murcitra, and Hidayat Hidayat. 2019. Bio-fortified Compost as A Substitute for Chemical N Fertilizer for Growth, N Accumulation, and Yield of Sweet Corn. *Akta Agrosia*, 22(2):84-94.
- Mieldazys R., E. Jotautiene, A. Jasinskis 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.
- Miransari M. 2013. Soil microbes and the availability of soil nutrients. *Acta Physiol Plant*, 35(11):3075-3084. DOI 10.1007/s11738-013-1338-2.
- Mulyani H., 2014. *Optimasi Perancangan Model Pengomposan*. CV. TRANS INFO MEDIA. Jakarta Timur.
- Musnamar, E. I. 2005. *Pupuk Organik: Cair dan Padat, Pembuatan, Aplikasi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ndung'u, K.W., M.N. Kifuko and J.R. Okalebo. 2009. Producing Fortified Compost from Crop Residues. *Organik Resource Management in Kenya*, 9:1-3

- Noviani, C. 2009. *Reduksi gas dinitrogen monoksida melalui biofiltrasi dengan menggunakan material kompos termodifikasi*. Laporan Skripsi, Universitas Indonesia, Teknik Kimia, Depok.
- Nurhayati, N., A. Jamil dan R.S. Anggraini. 2011. Potensi Limbah Pertanian sebagai Pupuk Organik Lokal di Lahan Kering Dataran Rendah Iklim Basah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau. *Iptek Tanaman Pangan*, 6(2):193-202.
- Pahan, I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit (Manajemen Agribisnis Dari Hulu Hingga Hilir)*. Penebar Swadaya (PS). Jakarta. 412.
- Paramananthan, S. 2013. Managing marginal soils for sustainable growth of oil palms in the tropics. *J. Oil Palm Environ*, 4:1-16.
- Pasaribua N. R., Fauzia, dan A. S. Hanafiah. 2018. Aplikasi Beberapa Bahan Organik dan Lamanya Inkubasi Dalam Meningkatkan P-Tersedia Tanah Ultisol. *ANR Conference*, 1:110–117.
- Menteri Pertanian. 2011. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. Jakarta. Indonesia.
- Pertiwi, N. dan M. Lululangi. 2019. Peningkatan pengetahuan perempuan tentang pupuk organik. *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Makassar*, 4:280-282.
- Pirngadi, S. dan S. Abdulrachman. 2005. Pengaruh Pupuk Majemuk NPK (15- 15- 15) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Padi Sawah. *Jurnal Agrivigor*, 4(3): 188-197.
- Prasad, R. 2009. Efficient Fertilizer Use: The Key to Food Security and Better Environment. *Journal of Tropical Agriculture*, 47(1-2):1-17.
- Qoris, J. M. 2016. Pengaruh Imbangan Dosis Pupuk N, P, K Dankompos Kotoran Sapi Dalam Bentuk Pelet Dan Non Pelet Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Di Tanah Regosol. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rahmaliza. 2014. Pemberian Pupuk Cair Pada Tanah Dengan Tekstur Yang Berbeda Terhadap Pencucian Hara Magnesium Dan Serapan Hara Magnesium Tanaman Jagung. [Skripsi]. Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Rahmana I., D. A. Mucra dan D. Febrina. 2016. Kualitas Fisik Pelet Ayam Broiler Periode Akhir Dengan Penambahan Feses Ternak Dan Bahan Perikat Yang Berbeda. *Jurnal Peternakan*, 13(1):33 – 40.

- Rifa'I, A. M. 2011. Pengaruh Diameter Lubang Luaran Terhadap Densitas, Ketahanan Impak dan Kapasitas Produksi Pellet Pupuk Pellet Biokomposit Limbah Kotoran Sapi. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Roganda S., M. R. L. L. Gaol, S. Yanthi, S. Indra dan M. Renita. 2013. Pembuatan Selulosa Asetat dari α -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3):33-39.
- Saputra, B., D. Suswati dan R. Hazriani. 2018. Kadar Hara NPK Tanaman Kelapa Sawit Pada Berbagai Tingkat Kematangan Tanah Gambut Di Perkebunan Kelapa Sawit Pt. Peniti Sungai Purun Kabupaten Mempawah. *Jurnal Untan*, 8(1):34-39.
- Sentana, S. 2010. Pupuk Organik, Peluang dan Kendalanya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia LIPI. Yogyakarta.
- Shinoj. S.P.S., M. Kochubabu and R. Visvanathan. 2011. Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review. *Ind. Crops Productions*, 33(1):7-22.
- 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.
- Siong, L. H., A. B. Samsu, M. A. Najib, U. M. Kaisom, N. A. R. Ami, Aziz, S, M. A. Ali, and S. Yoshito. 2009. Physicochemical Changes in Undrow Co-Composting Process of Oil Palm Mesocarp Fiber and Palm Oil Mill Effluent Anaerobic Sludge. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3): 2809-2816.
- Starast, M., K. Karp, U. Moor, E. Vool, and T. Paal. 2003. *Effect of Fertilization on Soil pH and Growth of LowBush Blueberry (Vaccinium angustifolium Ait)*. Estonian Agricultural University.
- Suharto. 2013. Pemberdayaan Petani Melalui Rancang Bangun Mesin Pembuat Pelet Kompos Kotoran Sapi. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2):45-50.
- Sulistiyanto B., S. C. Utama, S. Sumarsih. 2016. Effect of Administering Zeolite on The Physical Performances of Pellet Product Contained Chickens Hatchery Wastes. *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*. P.415-421. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/Proc.Intsem.LPVT>.
- Sumaryanti, L., L. Lamalewa dan T. Istanto. 2019. Implementation Of Fuzzy Multiple Criteria Decision Making For Recommendation Paddy Fertilizer.

International Journal Of Mechanical Engineering And Technology (Ijmet), 10(3):236-243.

Suppadit T., S. Pongpiachan, and S. Panomsri. 2012. Effects of Moisture Content in Quail Litter on The Physical Characteristics After Pelleting Using a Siriwan Model Machine. *Animal Science Journal*, 83:350-357.
<https://doi.org/10.1111/J.1740-0929.2011.00961.X>

Supriatna H., dan Sholihah S. M. 2015. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakchoi (*Brassica Rapa L.*) Terhadap Tiga Macam Pupuk Majemuk Pada Hidroponik. *Jurnal Ilmiah Respati Pertanian*, 7(2):521-528.

Tarigan, R. S. 2020. Pengaruh Penggunaan Dosis Pupuk NPK Mutiara (16 – 16 – 16) dan Pupuk Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*). [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Quality. Medan.

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.

Triyadi, C., Y. Rahman., dan B. Trisakti. 2015. Pengaruh Tinggi Tumpukan pada Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Pupuk Organik Aktif dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit didalam Komposter Menara Drum. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(4). 25-31.

Triyono A., Purwanto dan Budiyono. 2013. Efisiensi Penggunaan Pupuk –N Untuk Pengurangan Kehilangan Nitrat Pada Lahan Pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 526-531.

Triyono S., R. Pujiono, I. Zulkarnain, Ridwan, A. Haryanto, Dermiyati and J. Lumbanraja. 2019. The Effects of Empty Fruit Bunch Treatments For Straw Mushroom Substrate On Physicochemical Properties Of A Biofertilizer. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 8(2):65-152

Tumuluru, J.S. 2018. Effect of pelet die diameter on density and durability of pelets made from high moisture woody and herbaceous biomass. *Carbon Resources Conversion*, 1(1):44-54.
<https://doi.org/10.1016/j.crcon.2018.06.002>

Utari, N. W. A. 2014. Kajian Karakteristik Fisik Pupuk Organik Granul Dengan Dua Jenis Bahan Perekat. [Skripsi]. Universitas Lampung. Lampung.

Widiastuti, H. dan T. Panji. 2007. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Jamur Merang (*Volvariella Volvacea*) (TKSJ) sebagai Pupuk Organik pada Pembibitan Kelapa Sawit. *Jurnal Menara Perkebunan*, 75 (2):70-79.

- Widyastuti, R. 2009. Pengaruh Pemberian Pupuk Majemuk NPK Phonska dan Pupuk Hayati Petrobiofertil Pada Pertumbuhan dan Hasil Kedelai. [*Skripsi*]. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wigati, E.S., S. Abdul, D.K. Bambang. 2006. Pengaruh takaran bahan organik dan tingkat kelengasan tanah terhadap serapan fosfor oleh kacang tunggak di tanah pasir pantai. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 6(1):52-58.
- Wirakartakusumah, M.A. 1981. *Kinetics of starch*. Thesis. University of Winconsin. Madison.
- Yelianti, U., Kasli, M. Kasim dan E.F. Husin. 2009. Kualitas Pupuk Organik Hasil Dekomposisi Bahan Organik dengan Dekomposernya. *Jurnal Akta Agrosia*, 12(1):1-7.