

**KARAKTERISTIK PELET KOMPOS DENGAN PENAMBAHAN
KOTORAN KAMBING DAN *BIOCHAR***

(Skripsi)

Oleh

M. ARBY AZ ZUMAR



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2023

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF COMPOST PELLETS WITH THE ADDITION OF GOAT MANURE AND *BIOCHAR*

BY

M. ARBY AZ ZUMAR

Compost is an organic fertilizer commonly used to add nutrients, but compost has a large volume which makes storage and distribution inefficient. Therefore, it is necessary to convert bulk compost into pellet form. In addition, compost has limited nutrient content, which requires the addition of nutrients such as NPK fertilizer and biochar as a companion to NPK fertilizer so that the nutrient content in the pellet fertilizer is not easily dissolved by water. In this study, goat manure was also used with its strong and sturdy characteristics when dry, expected to provide similar impact on the pellet fertilizer produced. The production of pellet fertilizer using goat manure and biochar aims to obtain pellet fertilizer with strong characteristics.

This study used a Complete Randomized Design (CRD) factorial two-factor research method, namely the factor of adding goat manure (P) with levels of 0% (P1), 5% (P2), 10% (P3), and 15% (P4). In the factor of adding biochar (B), TKKS biochar 1.2% (B1), rice husk biochar 1.2% (B2), and corn cob biochar 1.2% (B3) were used, with three replications resulting in 36 experimental units. The pellet fertilizer was made using an extruder machine. The parameters observed were water content test, diameter test, bulk density, compressive strength, vibration resistance, impact resistance, solubility and disintegration time, hygroscopicity, pH, and NPK content.

The results showed that the mixing of goat manure significantly affected the L color test, a* color test, b* color test, solubility, particle bulk density, compressive strength, vibration resistance, pH value, and NPK content at a level of $\alpha=0.05$ ($P>5\%$). The addition of biochar also significantly affected the water content test, diameter test, L* color test, b* color test, solubility, particle bulk density, compressive strength, pH value, and hygroscopicity at a level of $\alpha=0.05$ ($P>5\%$). The interaction effect significantly affected the diameter test, bulk density, pH value, NPK content, and hygroscopicity at a level of $\alpha=0.05$ ($P>5\%$).*

Keywords : *Pellet compost, goat manure, TKKS biochar, rice husk biochar, corn cob biochar*

ABSTRAK

KARAKTERISTIK PELET KOMPOS DENGAN PENAMBAHAN KOTORAN KAMBING DAN *BIOCHAR*

OLEH

M. ARBY AZ ZUMAR

Kompos merupakan pupuk organik yang sering digunakan untuk menambah unsur hara pada, namun kompos memiliki volume yang besar sehingga membuat kegiatan penyimpanan dan distribusi menjadi tidak efisien, oleh karena itu dibutuhkan mengubah bentuk kompos yang berbentuk curah menjadi bentuk pelet. Selain itu kompos juga memiliki unsur hara yang terbatas oleh karena itu dibutuhkan penambahan unsur hara seperti pupuk NPK dan *biochar* sebagai pendamping dari pupuk NPK agar kandungan unsur hara pada pupuk pelet tidak mudah larut terbawa air dan pada penelitian ini juga menggunakan kotoran kambing yang diharapkan dengan karakteristiknya yang kuat dan kokoh saat kering, dapat memberikan dampak yang serupa pada pupuk pelet yang dibuat. Pembuatan pupuk pelet dengan penggunaan kotoran kambing dan *biochar* bertujuan untuk mendapatkan pupuk pelet dengan karakteristik yang kuat.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dua faktor yaitu faktor penambahan kotoran kambing (P) dengan taraf 0% (P1), 5% (P2) dan 10% (P3) dan 15% (P4). Pada faktor penambahan *biochar* (B) *biochar* TKKS 1,2% (B1), *biochar* sekam padi 1,2% (B2) dan *biochar* tongkol jagung 1,2% (B3) dengan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga menghasilkan 36 unit percobaan. Pembuatan pupuk pelet menggunakan mesin

ekstruder sebagai mesin pembuatnya. Parameter yang diamati yaitu uji kadar air, uji diameter, massa jenis, kuat tekan, ketahanan getar, ketahanan banting, kelarutan dan lama hancur, higroskopisitas, pH dan kandungan NPK.

Hasil penelitian menunjukkan pencampuran kotoran kambing berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=0,05$ ($P>5\%$) terhadap uji L^* warna, a^* warna, b^* warna, kelarutan, massa jenis partikel, kuat tekan, ketahanan getar, nilai pH dan Kandungan NPK. Penambahan *biochar* pada taraf $\alpha=0,05$ ($P>5\%$) terhadap hasil pengujian Kadar air, diameter, L^* warna, b^* warna, kelarutan, massa jenis partikel, kuat tekan, pH dan higroskopisitas. Pengaruh interaksi nyata pada taraf $\alpha=0,05$ ($P>5\%$) terhadap hasil pengujian diameter, massa jenis curah, pH, NPK, dan higroskopisitas.

Kata kunci : Kompos pelet, Kotoran kambing, *biochar* TKKS, *biochar* sekam padi, *biochar* Tongkol jagung

**KARAKTERISTIK PELET KOMPOS DENGAN PENAMBAHAN
KOTORAN KAMBING DAN *BIOCHAR***

Oleh

M. ARBY AZ ZUMAR

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK PELET KOMPOS DENGAN
PENAMBAHAN KOTORAN KAMBING DAN
BIOCHAR**

Nama Mahasiswa : **M. Arby A&Zumar**

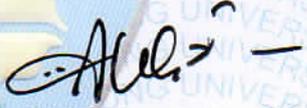
No. Pokok Mahasiswa : **1914071020**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

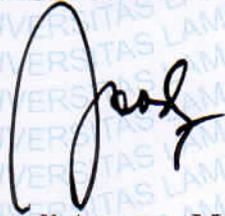
Fakultas : **Pertanian**




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


Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.
NIP. 197007031998022001

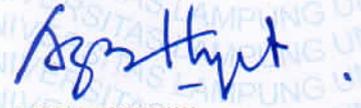
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 April 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **M. Arby Az Zumar** NPM. 1914071020.

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) **Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.** 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, 10 April 2023

Yang membuat pernyataan



M. Arby Az Zumar

NPM. 1914071020

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Provinsi Lampung, pada hari Rabu tanggal 04 Juli 2001 anak pertama dari dua bersaudara, putra dari pasangan Bapak Asmadi dan Ibu Sumarni. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Aisyah II pada tahun 2006-2007, Sekolah Dasar (SD) Negeri 4 Kotabumi pada tahun 2007-2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Kotabumi pada tahun 2013-2016 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kotabumi pada tahun 2016-2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Koordinator Kabupaten Lampung Utara dalam rangka Bidikmisi Goes To School tahun 2020, Tutor bimbingan belajar di Mentoringg.id, Mentor saham di Bluetrade dan Blogger. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) FOSI Fakultas Pertanian, English Society UNILA (ESO), Bina Rohani Islam Mahasiswa (BIROHMAH)

periode 2019-2022, sebagai Anggota English Society Universitas Lampung. Periode 2019, sebagai anggota FOSI FP dan BIROHMAH Universitas Lampung

Pada tanggal Januari hingga Februari 2022, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri Putra Daerah Periode 1 Tahun 2022 selama 40 hari di Desa Bumi Raya, Kecamatan Abung Selatan, Kabupaten Lampung Utara. Sementara itu pada tanggal 04 Juli 2022 sampai 05 Agustus 2022, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di Dinas Kelautan Dan Perikanan BBI Sentra Purbolinggo, Lampung Timur dengan judul “Mempelajari Teknik Pembenihan Ikan Baung (*Hemibagrus Nemurus*) Di Dinas Kelautan Dan Perikanan BBI Sentra Purbolinggo Lampung

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'aalamiin...

Segala puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT, dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang kupersembahkan karya ini sebagai wujud rasa syukur, cinta kasih, dan sebagai tanda bakti kepada:

Orang tuaku tercinta (Asmadi Dan Sumarni)

Terima kasih atas segala kasih sayang dan perjuangan dalam membesarkan ku.

Terima kasih selalu sabar dan selalu mendukung segala kegiatanku, baik dukungan moril maupun materil yang senantiasa diberikan untuk keberhasilan dan kebahagiaanku. Tanpa doa dan restu kalian, aku belum tentu sampai di titik ini.

Serta

Adikku (Asty Andini Az Zumar)

Terima kasih selalu memberikan dukungan dan semangat kepadaku.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selawat dan salam selalu tercurah kepada suri tauladan seluruh umat islam Nabi Allah Muhammad SAW, yang senantiasa kita nantikan syafaatnya di yaumul kiyamah, Amin.

Skripsi yang berjudul **“Karakteristik Pelet Kompos Dengan Penambahan Kotoran Kambing Dan Biochar”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dalam pelaksanaan penelitian maupun penulisan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir.Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;
5. Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua dan dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;

6. Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku dosen pembahas yang telah memberikan nasehat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
8. Ayah dan Ibu selaku orang tua, Mbah, Nyaik dan Asti yang telah memberikan segala doa, dukungan baik moril dan materil, serta kasih sayangnya yang tak terbatas kepada penulis;
9. Kakak pembimbing (M. Rizki Kurniawan) yang sangat membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini;
10. Teman dan para pahlawan penelitianku (Rizki, Fahri, Ayu, Widya, Anton, Hilmi, Silo, Singgih, komang, Jaka, Kak Tyas dan Mba Maya) yang tidak pernah bosan menemani dan membantu penulis saat penelitian hingga penyusunan skripsi;
11. Sahabat penulis Dina yang selalu membantu dan menyemangati penulis;
12. Keluarga Teknik Pertanian 2019 yang telah membantu penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 10 April 2023
Penulis

M. Arby Az Zumar

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
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	8
2.3 Kompos	9
2.4. Pupuk Pelet.....	10
2.5 Pupuk NPK.....	11
2.6 <i>Biochar</i>	12
2.6.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	13
2.6.2 Tongkol Jagung.....	14
2.6.3 Sekam padi.....	16
2.7 Densifikasi	16
2.8 Perekat.....	17

2.8.1. Kotoran Kambing	17
2.9 Alat Pembuat Pelet	18
2.10 Syarat Mutu Pupuk Organik.....	20
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Waktu dan Tempat	23
3.2. Alat dan Bahan.....	23
3.3. Metode Penelitian	24
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan	28
3.4.2 Pembuatan <i>Biochar</i>	28
3.4.3 Pencampuran Kompos Dengan NPK.....	29
3.4.4 Pencampuran Kompos dengan <i>Biochar</i>	30
3.4.5 Pencampuran Kompos Dengan Kotoran Kambing.....	30
3.4.6 Pembuatan Pupuk Pelet	31
3.4.7. Pengujian Pupuk Pelet	32
3.4.7.1 Uji Kadar Air.....	33
3.4.7.2 Uji Diameter Pelet.....	33
3.4.7.3 Uji Warna Pelet	33
3.4.7.4 Uji Kelarutan	34
3.4.7.5 Uji Massa Jenis	34
3.4.7.6 Uji pH.....	35
3.4.7.7 Uji Lama Waktu Hancur (Disintegration Time)	35
3.4.7.8 Uji Ketahanan Banting.....	35
3.4.7.9 Uji Higroskopisitas.....	36
3.4.7.10 Uji Kuat Tekan.....	37
3.4.7.11 Uji Kandungan NPK	38
3.4.7.12 Uji Ketahanan Getar.....	39
3.5 Analisis Data.....	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Karakteristik Bahan	41
4.2. Karakteristik Pelet	42

4.3. Kadar air pelet	43
4.4. Diameter Pelet	45
4.5. Warna	48
4.6. Kelarutan	56
4.7. Lama Hancur (Disintegration Time)	60
4.8. Massa Jenis	61
4.8.1. Massa Jenis Curah	62
4.8.2. Massa Jenis partikel	64
4.9. Kuat Tekan	67
4.10. Ketahanan Getar	70
4.11. Ketahanan Banting	72
4.12. pH	74
4.13. Kandungan NPK	77
4.14. Higroskopisitas	81
4.15. Rangkuman	84
V. KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	94
Lampiran 1: Tabel Penelitian.....	95
Lampiran 2. Gambar Penelitian.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Harga Eceran Tertinggi Pupuk di Indonesia Tahun 2016 – 2020.....	6
Tabel 2. Penggunaan Pupuk Organik dan NPK di Indonesia Tahun 2017-2022.....	7
Tabel 3. Produksi Pupuk, tahun 2016 -2022 dalam ribu ton/tahun.....	8
Tabel 4. Nilai BET surface area <i>biochar</i> TKKS, Sekam padi dan tongkol jagung ($m^2 g^{-1}$)	13
Tabel 5. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	14
Tabel 6. Karakteristik Arang TKKS	14
Tabel 7. Karakteristik kimia tongkol jagung (Sismiyanti et al., 2018).....	15
Tabel 8. Karakteristik sekam padi (Prabawati & Wijaya, 2008)	16
Tabel 9. Syarat Mutu Pupuk Organik Padat.....	22
Tabel 10. kombinasi perlakuan	25
Tabel 11. Karakteristik bahan pada bahan pupuk pelet.	41
Tabel 12. Karakteristik Pupuk pelet.....	42
Tabel 13. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap kadar air pupuk pelet.....	44
Tabel 14. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap Kadar Air Pelet (%)	44
Tabel 15. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap diameter pupuk pelet	47
Tabel 16. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap Diameter pupuk Pelet (%) ...	47
Tabel 17. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan Jenis <i>biochar</i> terhadap L* warna pelet	49
Tabel 18. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Faktor tunggal penambahan kotoran kambing dan jenis <i>biochar</i> terhadap L* warna pelet.....	50
Tabel 19. Nilai Lab* Warna pada bahan baku pembuatan Pelet.	51

Tabel 20. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan Jenis <i>biochar</i> terhadap a* warna pelet.	53
Tabel 21. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Faktor tunggal penambahan kotoran kambing dan jenis <i>biochar</i> terhadap a* warna pelet.	53
Tabel 22. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap uji warna nilai b* pupuk pelet.....	55
Tabel 23. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Faktor tunggal penambahan kotoran kambing dan jenis <i>biochar</i> terhadap b* warna pelet	56
Tabel 24. Uji Anova Pengaruh pencampuran kotoran kambing dan penambahan <i>biochar</i> dengan jenis yang berbeda terhadap nilai EC selama 41 hari	59
Tabel 25. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Faktor Tunggal pencampuran kotoran kambing dan penambahan <i>biochar</i> dengan jenis yang berbeda terhadap nilai EC pupuk pelet ($\mu\text{S}/\text{cm}$) selama 41 hari.....	59
Tabel 27. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap massa jenis curah pupuk pelet.....	63
Tabel 28. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap massa jenis partikel pupuk pelet.....	65
Tabel 29. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap massa jenis partikel (%).....	66
Tabel 30. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap kuat tekan pupuk pelet.....	68
Tabel 31. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap kuat tekan.....	69
Tabel 32. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap Ketahanan getar pupuk pelet.....	71
Tabel 33. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap ketahanan getar	72
Tabel 34. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap ketahanan banting pupuk pelet.....	74
Tabel 35. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap pH pupuk pelet	76
Tabel 36. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap nilai pH	76
Tabel 37. Perbandingan Kadar N (%) Teoritis dengan Kadar N (%) dari Hasil Uji Nitrogen metode Kjeldahl pada pupuk pelet.....	78
Tabel 38. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap Kadar Nitrogen pupuk pelet	79

Tabel 39. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap kandungan Nitrogen pupuk pelet (%).....	79
Tabel 40. Hasil perhitungan kadar kandungan P dan K pada pupuk pelet	81
Tabel 41. Uji Anova Pengaruh Penambahan Kotoran kambing dan Jenis <i>Biochar</i> terhadap higroskopisitas pupuk pelet.....	83
Tabel 42. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing dan jenis <i>Biochar</i> Terhadap persentase higroskopisitas pupuk pelet.....	83
Tabel 43. Rangkuman perlakuan pengaruh pencampuran kotoran kambing dan penambahan <i>biochar</i> dengan jenis yang berbeda.....	86
Tabel 44. Data Uji Kadar Air Pelet (%).....	95
Tabel 45. Data uji diameter pelet	96
Tabel 46. Data uji warna pelet	97
Tabel 47. Data uji massa jenis curah.....	98
Tabel 48. Nilai Kelarutan pada pupuk pelet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	99
Tabel 49. Data uji massa jenis partikel	105
Tabel 50. Data uji kuat tekan (MPa)	107
Tabel 51. Data uji ketahanan getar (%).....	108
Tabel 52. Data uji ketahanan banting.....	109
Tabel 53. Data uji pH	110
Tabel 54. Data uji NPK pupuk pelet	111
Tabel 55. Data Uji Higroskopisitas.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Penampakan dari kotoran kambing	18
Gambar 2. Mesin Ekstruder	19
Gambar 3. Bagan alir pelaksanaan penelitian	26
Gambar 4. Proses pencampuran Biochar dan kotoran kambing	27
Gambar 5. Proses Penyiapan Bahan untuk pembuatan pelet	28
Gambar 6. Proses Pembuatan Biochar	29
Gambar 7. Proses Penambahan Pupuk NPK dengan cara penyemprotan.....	29
Gambar 8. Penambahan Pupuk kompos dengan biochar.	30
Gambar 9. pencampuran kompos dengan kotoran kambing	31
Gambar 10. Proses Pembuatan Pelet menggunakan mesin Ekstruder	32
Gambar 11. Pengujian Kuat Tekan	37
Gambar 12. Proses uji getar pada pupuk pelet	39
Gambar 13. Tampilan pupuk pelet dari Jenis biochar TKKS, Sekam padi dan tongkol jagung.....	42
Gambar 14. Pengaruh penambahan biochar yang berbeda terhadap kadar air pupuk pelet.....	43
Gambar 15. Pengaruh penambahan biochar yang berbeda terhadap diameter pupuk pelet.....	46
Gambar 16. Pengaruh penambahan biochar yang berbeda terhadap nilai L* pupuk pelet.....	49
Gambar 17. Grafik kroma warna	51
Gambar 18. Pengaruh penambahan jenis biochar yang berbeda terhadap a* pupuk pelet.....	52
Gambar 19. Pengaruh penambahan jenis biochar yang berbeda terhadap nilai b* pupuk pelet.....	55

Gambar 20. Perkembangan Kelarutan Pupuk Pelet dengan taraf kotoran kambing berbeda yang Dinyatakan Dalam Nilai EC.....	58
Gambar 21. Penampakan hari pertama uji lama hancur (Disintegration Time)	61
Gambar 22. Penampakan hari ke 60 uji lama hancur (Disintegration Time)...	61
Gambar 23. Pengaruh penambahan biochar dengan jenis yang berbeda terhadap massa jenis curah pupuk pelet.....	63
Gambar 24. Pengaruh penambahan biochar dengan jenis yang berbeda terhadap massa jenis partikel pupuk pelet.	65
Gambar 25. Pengaruh penambahan biochar dengan taraf yang berbeda terhadap kuat tekan pupuk pelet.	68
Gambar 26. Pengaruh penambahan biochar dengan taraf yang berbeda terhadap ketahanan getar pupuk pelet.....	71
Gambar 27. Pengaruh penambahan biochar dengan taraf yang berbeda terhadap ketahanan banting pupuk pelet.....	73
Gambar 28. Pengaruh penambahan biochar dengan jenis yang berbeda terhadap nilai pH pupuk pelet.....	75
Gambar 29. Pengaruh penambahan biochar dengan jenis yang berbeda terhadap nilai Nitrogen pupuk pelet.....	78
Gambar 30. Pengaruh penambahan biochar dengan jenis yang berbeda terhadap higroskopisitas pupuk pelet.....	82
Gambar 31. Merek sekam bakar yang digunakan.....	119
Gambar 32. Merek kompos yang digunakan.....	119
Gambar 33. pembuatan biochar.....	119
Gambar 34. Biochar Tongkol Jagung.....	119
Gambar 35. Biochar TKKS.....	120
Gambar 36. Biochar sekam padi.....	120
Gambar 37. Kotoran kambing.....	120
Gambar 38. Kotoran kambing yang telah dihaluskan.....	120
Gambar 39. Proses penimbangan bahan.....	120
Gambar 40. Pemotongan pelet.....	121
Gambar 41. Proses pengeringan pelet.....	121
Gambar 42. Pengovenan pelet.....	121
Gambar 43. pengukuran pH.....	121
Gambar 44. Pengujian warna.....	121
Gambar 45. Pengujian kelarutan dan lama hancur pelet.....	121
Gambar 46. Pengujian higroskopisitas.....	122

Gambar 47. Pengukuran massa jenis	122
Gambar 48. Pengujian Nitrogen - tahap destruksi	122
Gambar 49. Pengujian Nitrogen - tahap destilasi.....	122
Gambar 50. Pengujian Nitrogen - Setelah Titrasi	122
Gambar 51. Pengukuran diameter pelet	122
Gambar 52. pengukuran panjang pelet.....	123
Gambar 53. Alat pengamatan suhu dan kelembaban ruangan.	123
Gambar 54. Hasil laboratorium pengujian Fosfor dan Kalium di Laboratorium Penguji Balai Penelitian Tanah, Bogor.	124

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan media tanam yang sering digunakan, namun tanah memiliki kandungan unsur hara yang terbatas, sehingga dalam memenuhi kebutuhan harus dicukupi melalui pemupukan. Pupuk merupakan zat, baik sintetis atau organik, yang ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan pasokan nutrisi penting yang meningkatkan pertumbuhan tanaman dan vegetasi didalam tanah. Pemupukan bertujuan untuk menambah unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sebab unsur hara yang terdapat didalam tanah tidak selalu mencukupi untuk memacu pertumbuhan tanaman secara optimal (Salikin, 2003)

Selama ini petani menggunakan pupuk kimia untuk memenuhi kebutuhan hara untuk tanaman. Sebelum mengenal pupuk kimia, bercocok tanam dilakukan secara organik dengan memanfaatkan sisa-sisa tanaman maupun kotoran hewan. Pupuk anorganik memiliki kelebihan dibandingkan pupuk kompos yaitu mudah terurai dan diserap oleh tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih subur. Menurut (Isnaini, 2006), pupuk kimia memang memberikan dampak yang signifikan terhadap tanah namun jika digunakan dalam jangka panjang dapat mendegradasi kualitas tanah yang menyebabkan kandungan organik tanah menurun serta struktur tanah menjadi rusak. Apabila penggunaan pupuk kimia tetap dilanjutkan akan berdampak juga pada kesehatan lingkungan seperti terganggunya mikroorganisme yang hidup didalam tanah (Miransari, 2013), rendahnya kandungan bahan organik tanah menyebabkan menurunnya populasi mikroorganisme tanah serta menjadi tidak aktif karena kurangnya jumlah bahan

organik didalam tanah. Penambahan bahan organik seperti limbah panen atau pupuk kandang ke dalam tanah dapat meningkatkan unsur N dan C pada tanah (Fließbach et al., 2007). 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 et al., 2006). 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 pupuk kompos yaitu pupuk kompos secara umum memerlukan dosis yang sangat tinggi. Pemberian pupuk kompos ke dalam 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. Untuk mengatasi kekurangan unsur hara yang rendah dari pupuk kompos maka perlu dilakukannya penambahan NPK serta *biochar* sehingga pupuk yang digunakan akan lebih kaya unsur hara dan struktur tanah serta meningkatkan produktivitas serta dapat menyimpan hara sehingga tersedia bagi tanaman. Selain itu *biochar* juga dapat meningkatkan serapan unsur hara, mengurangi pencucian hara, menambah daya tampung air, mengurangi cucian hara dan degradasi kesehatan tanah, meningkatkan KTK, meningkatkan biomassa dan kelimpahan mikroorganisme, dan membantu menetralkan pH tanah. Selain dari kandungan unsur haranya yang rendah, pupuk kompos dalam bentuk curah akan memakan tempat dalam proses pengangkutan, sehingga biaya transportasi menjadi tidak efisien. Pupuk kompos curah akan lebih cepat dalam melepaskan haranya. 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)

Salah satu solusi yang dapat mengatasi kelemahan dari kompos ini maka pupuk organik maupun biomassa yang awalnya berbentuk curah dapat diubah menjadi pupuk pelet, sehingga membentuk produk yang seragam dan kerapatan volume yang tinggi. Perubahan bentuk yang dilakukan dapat memberikan keseragaman serta memudahkan dalam penanganan, pengemasan, penyimpanan, dan transportasi (Lubis et al., 2016)

Selain itu pupuk dalam bentuk pelet dapat mengurangi overdosis tanaman, memperbaiki penampilan dan kemasan produk (Wahyono, 2018). Hara, (2001) menambahkan bahwa pupuk dalam bentuk pelet memiliki kelebihan, yaitu dapat mereduksi volume sampai 50-80% dan juga mereduksi debu sehingga lebih mudah diangkut untuk jarak jauh. Namun, pupuk organik dalam bentuk pelet memiliki beberapa kelemahan yang antara lain mudah pecah dan hancur. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menambahkan bahan perekat dalam pembuatan pelet.

Perekat merupakan salah satu faktor penting dalam proses pembuatan pelet. Fungsi dari perekat dalam pembuatan pelet adalah untuk meningkatkan sifat fisik pelet terutama kekompakan pelet. Pemilihan dan penggunaan jumlah perekat dalam pembuatan pelet perlu diperhatikan. Jika terlalu sedikit, pelet yang dihasilkan tidak sempurna atau mudah pecah. Sebaliknya, jika terlalu banyak digunakan, maka pori-pori bahan pelet akan tertutup. Perekat yang digunakan harus memiliki sifat rekat yang baik, tidak membahayakan terhadap tanaman dan juga harganya terjangkau (Isroi, 2009).

Pupuk kandang telah lama digunakan sebagai penambah unsur hara bagi tanaman, namun unsur hara dalam pupuk kandang tidak mudah tersedia bagi tanaman. Ketersediaan unsur hara pada pupuk kandang dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi atau mineralisasi dari pupuk kandang tersebut. Salah satu jenis pupuk kandang yang biasanya digunakan ialah feses atau kotoran ternak. Kotoran ternak dimanfaatkan sebagai pupuk kandang karena kandungan unsur haranya seperti Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) serta unsur hara mikro seperti kalsium, magnesium, belerang, natrium, besi dan tembaga yang dibutuhkan tanaman dan kesuburan tanah (Hapsari et al., 2013).

Kotoran kambing merupakan salah satu jenis dari pupuk kandang yang dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman. Karakteristik dari kotoran kambing yang berbentuk butiran-butiran cukup sulit untuk dipecah secara fisik sehingga hal ini mempengaruhi proses dekomposisi pada kotoran kambing dan proses penyediaan haranya. Selain itu karakteristik fisik dari kotoran kambing yang dapat mengeras seiring waktu diduga dapat dimanfaatkan sebagai perekat. Diharapkan dengan mengkombinasikan ketiga bahan tersebut dapat menghasilkan pupuk yang lebih efektif. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh penambahan kotoran kambing sebagai perekat yang diperkaya pupuk NPK serta mengkaji pengaruh penambahan *biochar* dari tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung dan sekam padi terhadap karakteristik pupuk kompos pelet.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan kotoran kambing yang ditambahkan terhadap karakteristik pupuk pelet kompos yang diperkaya NPK ?
2. Bagaimana pengaruh jenis *biochar* dari (tandan kosong sawit, tongkol jagung dan sekam padi) yang ditambahkan terhadap karakteristik pupuk pelet kompos yang diperkaya NPK?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kotoran kambing dan variasi jenis *biochar* dari tandan kosong sawit, tongkol jagung dan sekam padi terhadap karakteristik pupuk kompos pelet yang diperkaya.

1.4 Manfaat Penelitian.

Menjadi salah satu referensi yang memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh penambahan kotoran kambing dan variasi jenis *biochar* dari tandan kosong sawit, tongkol jagung dan sekam padi terhadap karakteristik dari pupuk kompos pelet yang diperkaya.

1.5 Hipotesis

Penambahan kotoran kambing dan jenis *biochar* berpengaruh terhadap karakteristik dari pupuk kompos pelet yang dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Pupuk di Indonesia

Pupuk mempunyai peranan penting dalam peningkatan produktivitas pertanian. 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 Pestisida, 2004), maka dari itu perlu adanya penyediaan pupuk yang memadai di tingkat petani. Berikut merupakan harga pupuk di Indonesia pada tahun 2016-2020(Tabel 1)

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

Jenis Pupuk	Tahun (Rp/kg)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Urea	1800	1800	1800	1800	1800	1800
ZA	1400	1400	1400	1400	1400	1400
TPS/SP36	2000	2000	2000	2000	2000	2000
NPK	2300	2000	2000	2000	2000	2000
Organik	500	500	500	500	500	500

Sumber: (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2020).

Tanaman dapat berproduksi dengan baik apabila unsur hara dapat tercukupi. Penambahan pupuk ke dalam tanah dapat meningkatkan hara tanah. Sesuai dengan pernyataan (Irianto, 2012), bahwa pupuk berperan penting dan strategis untuk meningkatkan produksi dan produktivitas pertanian dimana kontribusi

pupuk terhadap besaran biaya usaha tani padi mencapai 14-25%, serta dapat meningkatkan produksi padi hingga 20%. Berdasarkan data yang diperoleh dari (APPI, 2022), konsumsi pupuk Indonesia serta jumlah produksi pupuk (APPI, 2022) dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

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 berpengaruh terhadap peningkatan produksi pertanian. Rencana penyediaan pupuk yang telah disusun perlu dilaksanakan secara konsisten dan berkelanjutan sebagai upaya untuk mewujudkan penyediaan, penyaluran dan penggunaan pupuk yang memenuhi kriteria enam tepat (Kasiyati, 2010).

Tabel 2. Penggunaan Pupuk Organik dan NPK di Indonesia Tahun 2017-2022

Jenis Pupuk	Tahun (Ton/tahun)					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022*
Organik	263.162	733.673	767.316	624.284	518.81	236.903
NPK	2.597.586	2.802.246	3.088.176	3.159.311	3.301.209	1.628.719
ZA/AS	980.505	1.004.704	1.017.168	795.429	772.245	288.166
SP-36	860.27	861.707	819.195	534.148	402.701	196.162
Urea	5.970.397	6.265.196	5.425.657	5.994.437	5.738.365	2.821.677

Sumber: (APPI, 2022)

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.

Tabel 3. Produksi Pupuk, tahun 2016 -2022 dalam ribu ton/tahun

Tahun	Produksi Pupuk						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1. Urea	6.462,9	6.838,1	7.444,7	7.722,8	7.983,0	7.967,8	7.467,19
2. Fosfat /SP-36	465,0	480,1	450,6	479,4	452,0	325,137	172,88
3. ZA/AS	755,3	798,8	589,3	698,4	795,9	759,19	718,27
4. NPK	2.764,7	3.283,0	3.160,0	2.923,5	3.023,2	3.169,2	3.392,7
5. ZK (K ₂ SO ₄)	10,7	15,2	16,5	14,4	9,7	14,024	13,192
6. Organik	596,7	868,9	835,9	638,5	N/A	NA	NA

Sumber : (PT Pupuk Indonesia, 2023)

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 didalam tanah. Meski ditujukan untuk memberikan keuntungan bagi manusia, namun dampak dari kegiatan pemupukan pada tanah perlu diperhatikan. Hal ini khususnya pada penggunaan pupuk anorganik (pupuk kimia). Penggunaan pupuk anorganik (pupuk kimia) dalam jangka panjang menyebabkan kadar bahan organik tanah menurun, struktur tanah rusak, dan pencemaran lingkungan. Hal ini jika terus berlanjut akan menurunkan kualitas tanah dan kesehatan lingkungan. Untuk menjaga dan meningkatkan produktivitas tanah diperlukan kombinasi pupuk anorganik dengan pupuk organik yang tepat (Isnaini, 2006)

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., 2001). Kegiatan pertanian secara terus menerus semakin memperparah keadaan tanah, karena hanya bahan kimia saja yang dikembalikan ke dalam tanah. Terdegradasinya kualitas tanah dapat

menurunkan jumlah hasil produksi. Selain itu, ketergantungan para petani menggunakan pupuk anorganik yaitu meningkatkan biaya produksi karena harganya yang mahal, kelangkaan dan ketidakseimbangan nutrisi pada tanah, serta keasaman tanah lebih meningkat (Jones, 2003). Sebagian besar lahan Indonesia mempunyai kandungan bahan organik <2% (Simanungkalit et al., 2006), padahal lahan yang baik bagi tanaman agar dapat tumbuh secara optimum harus memiliki kandungan organik tanah sebesar 3- 5%. Solusi yang diupayakan untuk mengurangi dampak penggunaan pupuk kimia yaitu pemanfaatan penggunaan pupuk kompos yang diperkaya dengan NPK dan *biochar*.

2.3 Kompos

Pengomposan merupakan proses pelapukan pada bahan-bahan organik (sampah organik) karena adanya interaksi antara bakteri pembusuk (mikroorganisme) yang bekerja didalamnya (Murbando, 2007), pupuk kompos 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). Menurut sumbernya, pupuk organik dapat diidentifikasi berasal dari kegiatan pertanian dan non pertanian. 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, 2018),

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 didalam 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 didalam kompos dengan takaran pemupukan. Penggunaan pupuk organik juga dianggap kurang praktis karena jumlahnya yang terlalu besar dan kotor.

2.4. Pupuk Pelet

Untuk mengatasi kelemahan dari pengangkutan dan transportasi yang mahal maka pupuk kompos curah dapat diubah kedalam bentuk yang memiliki densitas yang tinggi yaitu dibentuk menjadi pupuk kompos pelet, serta mengkombinasikannya dengan NPK dan *biochar* untuk mengatasi kelemahan pada unsur haranya, Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (Belay et al., 2001). 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 (Hara, 2001). Pupuk organik pelet dapat mereduksi volume sampai 50-80% selain mereduksi debu sehingga lebih mudah diangkut .

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Siregar & Sri, 2006) tentang pengaruh pemberian pupuk pelet, dijelaskan bahwa pupuk pelet dapat membuat tanaman menjadi lebih resisten terhadap serangan hama dan penyakit, mengurangi keracunan tanaman akibat kandungan aluminium (Al), dapat membuat tanah menjadi lebih gembur, dapat meningkatkan kadar pH tanah sehingga tingkat keasaman tanah akan berkurang, serta dapat juga meningkatkan kandungan fosfor (P) dalam tanah sebagai salah satu hara yang dibutuhkan oleh tanah.

2.5 Pupuk NPK

Menurut (Siregar & Sri, 2006), menyatakan bahwa kompos menghasilkan kandungan hara yang rendah dan terbatas, sehingga perlu ditambahkan pupuk anorganik seperti NPK untuk menutupi kekurangan tersebut. Pupuk NPK merupakan salah satu jenis pupuk majemuk yang kandungan unsur utamanya terdiri dari tiga unsur hara sekaligus. Pupuk ini merupakan unsur makro yang sangat mutlak dibutuhkan tanaman. Sesuai dengan namanya, unsur-unsur tersebut terdiri dari unsur N (nitrogen), P (fosfor) dan K (kalium). Menurut (Hasibuan, 2006), Tanpa suplai nitrogen cukup, pertumbuhan tanaman baik tidak akan terjadi. Kekurangan unsur hara N akan menunjukkan gejala pada tanaman seperti pertumbuhan yang kerdil, pertumbuhan akar terbatas, daun menjadi warna kuning pucat. Bila tanaman kekurangan hara P maka berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, seperti pertumbuhan yang kerdil, hal ini terjadi karena pembelahan sel terganggu. Warna daun berubah menjadi ungu atau coklat dari ujung-ujung daun. Hal yang semacam ini jelas terlihat pada tanaman yang masih muda (Rosmarkam & Yuwono, 2002). Gejala kekurangan kalium adalah daun mulai kelihatan lebih tua, batang dan cabang lemah dan mulai rebah, biji buah kusut dan muncul warna

kuning di pinggir dan di ujung yang sudah mengering dan rontok. Maka bila tanaman kekurangan K daun akan bercak-bercak coklat seperti terbakar (Hasibuan, 2008)

2.6 Biochar

Biochar merupakan arang hayati dengan kandungan karbon hitam berasal dari biomassa, proses *biochar* melalui pembakaran pada temperatur <700 dalam kondisi oksigen yang terbatas menghasilkan bahan organik dengan konsentrasi karbon 70-80% (Lehmann, 2007). *Biochar* adalah arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. *Biochar* merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dapat dijadikan pembenah tanah lahan kering. Penggunaan *biochar* sebagai suatu pilihan selain sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk tujuan pemulihan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah (Glaser et al., 2014).

Di bidang pertanian *biochar* berfungsi sebagai amelioran atau pembenah tanah. *Biochar* tidak berfungsi sebagai pupuk, namun digunakan sebagai pendamping pupuk sehingga pemupukan bagi tanaman lebih efisien (Gani, 2009).

pengaplikasian *biochar* pada tanah-tanah yang kurang subur dapat memperbaiki kondisi tanah dan produksi tanaman meningkat. *Biochar* mampu mengikat air dan unsur hara, sehingga mencegah terjadinya kehilangan pupuk yang disebabkan oleh erosi permukaan (run off) dan pencucian (leaching). Diharapkan dengan menambahkan *biochar* dapat menghemat pemupukan dan mengurangi polusi pada lingkungan setelah pemupukan. Menurut (Lal, 1994), tanah memiliki produktivitas yang baik apabila kadar bahan organik berkisar antara 8 sampai 16% atau kadar karbon organik 4,56% sampai 9,12%.

Berikut area permukaan Brunauer-Emmett-Teller (BET) dari *biochar* tandan kosong kelapa sawit, *biochar* sekam padi dan *biochar* tongkol jagung (Tabel 4)

Tabel 4. Nilai BET surface area *biochar* TKKS, Sekam padi dan tongkol jagung ($m^2 g^{-1}$)

Jenis <i>Biochar</i>	BET surface area (
<i>Biochar</i> TKKS	46.32 (Sari, 2014)
<i>Biochar</i> Sekam Padi	23.22 (Sari, 2014)
<i>Biochar</i> Tongkol Jagung	2.04 (Elnour et al., 2019)

2.6.1 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 & Tambunan, 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 didalam tandan kosong kelapa sawit terdiri dari serat dengan komposisi antara lain selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tabel komposisi limbah TKKS dapat dilihat pada Tabel 5.

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 (Tabel 6). 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 5. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Parameter	Nilai (%)
Lignin	22,60
Pentosan	25,90
α - selulosa	45,80
Holoselulosa	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: (M Roganda L Lumban Gaol et al., 2013).

Tabel 6. 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).

2.6.2 Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah yang berasal dari proses pengolahan buah jagung. Tingginya produksi jagung meningkatkan jumlah limbah bonggol jagung. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai *biochar* mampu mengurangi limbah bonggol jagung yang tidak termanfaatkan dengan baik. Selain itu pengaplikasian *biochar* bonggol jagung pada tanah mampu meningkatkan kualitas lahan, karena

biochar mampu memperbaiki sifat fisik-kimia tanah .

Tongkol jagung merupakan bagian terbesar dari limbah jagung. Sekitar 40-50% dari berat jagung merupakan tongkol jagung yang beratnya dipengaruhi oleh varietasnya (Suryani, 2009). Pemanfaatan bonggol jagung masih sangat terbatas. Limbah bonggol jagung pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan makanan ternak atau sebagai bahan bakar (Wungkana et al., 2013). Bonggol jagung sebagian besar tersusun atas lignoselulosa yang terdiri atas lignin, selulosa dan hemiselulosa serta senyawa lain yang umum terdapat pada tumbuhan. Senyawa-senyawa tersebut mengindikasikan bahwa bonggol jagung memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai karbon aktif (Suryani, 2009).

tongkol jagung mempunyai kandungan senyawa karbon yang cukup tinggi, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) hal tersebut mengidentifikasi bahwa tongkol jagung berpotensi sebagai bahan pembuatan arang aktif. *Biochar* dari tongkol jagung ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya mempunyai potensi yang baik sebagai adsorben karena kandungan karbonnya lebih besar dari pada kadar abunya, mudah dibuat, murah, bahan bakunya mudah didapat dan melimpah, mudah digunakan, aman dan tahan lama (Nuuruningrum, 2017). Berikut karakteristik kimia dari tongkol jagung (Tabel 7).

Tabel 7. Karakteristik kimia tongkol jagung (Sismiyanti et al., 2018)

Kadar	Presentase (%)
C	32,75
N-total	0,89
P-total	0,41
K-total	1,71
S	0,15
Lignin	33,3

2.6.3 Sekam padi

Sekam merupakan salah satu residu dari pengolahan padi yang perlu ditangani lebih lanjut atau dilakukan pemanfaatan ulang. Volume sekam yang dihasilkan adalah 17% dari Gabah kering giling (GKG). Pada penggilingan padi yang berkapasitas 5 ton/jam beras putih atau sekitar 7 ton GKG/jam akan dihasilkan sekam sekitar 0.85 ton/jam atau sekitar 8.5 ton/hari. Berat ini setara dengan sekitar 25 m³/hari atau 7500 m³/tahun. Volume yang besar ini akan menjadi masalah serius dalam jangka panjang apabila tidak ditangani dengan baik. Sekam tersusun dari palea dan lemma yang terikat dengan struktur pengikat yang menyerupai kait. Sel-sel sekam yang telah masak mengandung lignin dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Prabawati & Wijaya, 2008). Komposisi sekam sebagaimana dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Karakteristik sekam padi (Prabawati & Wijaya, 2008)

Kadar	Presentase (%)
C-organik	45,06
N-total	0,31
P-total	0,07
K-total	0,28
Mg-total	0,16
SiO ₂	33,01

2.7 Densifikasi

Densifikasi adalah proses meningkatkan sifat fisik bahan sehingga memudahkan dalam penggunaan dan pemanfaatannya. Dengan dilakukannya densifikasi akan berdampak pada peningkatan efisiensi dari bahan bakar yang digunakan. Terdapat tiga macam tahapan dalam proses densifikasi, yaitu extruding, briquetting dan peletting. Extruding adalah proses pengkompresian bahan dengan piston sehingga produk dapat melewati cetakan menjadi padatan pelet. Briquetting adalah proses pembentukan bahan menjadi bentuk tabung dengan diameter dan tinggi yang disesuaikan kebutuhan. Peletting adalah proses pengeringan dan pengolahan biomassa dengan menggunakan tekanan tinggi (Rahman, 2011).

2.8 Perekat

Perekat merupakan salah satu faktor penting dalam proses pembuatan pelet. Fungsi dari perekat dalam pembuatan pelet adalah untuk meningkatkan sifat fisik pelet terutama kekompakan pelet. Pemilihan dan penggunaan jumlah perekat dalam pembuatan pelet perlu diperhatikan. Jika terlalu sedikit, pelet yang dihasilkan tidak sempurna atau mudah pecah. Sebaliknya, jika terlalu banyak digunakan, maka pori-pori bahan pelet akan tertutup. Perekat yang digunakan harus memiliki sifat rekat yang baik, tidak membahayakan terhadap tanaman dan juga harganya terjangkau (Isroi, 2009).

Berdasarkan jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket, yaitu:

1. Pengikat Anorganik Pengikat anorganik seperti semen, lempung (tanah liat), natrium silikat.
2. Pengikat Organik Pengikat organik seperti tepung tapioka dan sagu aren.

2.8.1. Kotoran Kambing

Kotoran kambing memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi dan seringkali digunakan sebagai pupuk organik karena sifatnya yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Selain itu, kotoran kambing juga memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi, sehingga dapat membantu meningkatkan kualitas tanah.

Namun, selain digunakan sebagai pupuk organik, kotoran kambing juga memiliki potensi sebagai bahan perekat alami. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menguji kemampuan kotoran kambing sebagai perekat dalam berbagai aplikasi, seperti produksi briket arang, pelet kayu, dan pelet limbah pertanian.

Sifat perekat dari kotoran kambing dikaitkan dengan kandungan protein dan lignin yang terdapat pada bahan tersebut.

Selain itu, kotoran kambing juga dapat digunakan sebagai perekat dalam produksi pelet limbah pertanian dengan hasil yang memuaskan. Sifat perekat dari kotoran kambing dihubungkan dengan adanya senyawa lignoselulosa dan hemiselulosa pada bahan tersebut.

Dalam produksi pelet kompos, penambahan kotoran kambing sebagai bahan perekat dapat meningkatkan kualitas pelet yang dihasilkan. Kandungan protein dan lignin yang terdapat pada kotoran kambing dapat membantu meningkatkan kekuatan dan kepadatan pelet, sehingga pelet yang dihasilkan lebih tahan terhadap kerusakan saat proses penyimpanan dan distribusi. Penampakan kotoran kambing dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penampakan dari kotoran kambing

2.9 Alat Pembuat 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 cetakan yang terletak pada bagian akhir ekstruder. Lubang pada bagian ekstruder

berfungsi sebagai pembentuk atau pencetak bahan/adonan setelah diolah didalam ekstruder) dalam bentuk yang diinginkan. Alat ekstruder dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Ekstruder

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 bekerja 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 (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.

2.10 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 sintetis 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. Dalam Tabel 9 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 9. Syarat Mutu Pupuk Organik Padat

STANDAR MUTU Granul/Pelet					
Parameter	Satuan	PERMENTAN NO 261/KPTS/SR.310/M/4/2019		PERMENTAN NO 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					
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
E.coli	MPN/g		< 1 x 10 ²		maks 10 ²
Salmonella sp	MPN/g		< 1 x 10 ²		maks 10 ²
Ukuran butiran 2-4,75 mm	%	min 75	min 75	min 75	min 75
Mikroba fungsional:	cfu/g 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 November 2022 sampai Februari 2023 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP) dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah nampan, alat pres hidrolik, timbangan duduk, lumpang dan alu, jangka sorong, oven, desikator, kolorimeter, bor duduk, Electrical Conductivity (EC) meter, pH meter, Termometer tembak, RH meter, stopwatch, karung, plastik, penggaris, gelas ukur, gelas beaker 100 ml, 200 ml dan 500 ml, kamera, laptop untuk mengolah data, buku catatan, kertas label, gelas plastik dan alat pendukung lainnya. Sedangkan, bahan yang digunakan adalah pupuk kompos dengan merek Metro Lestari, NPK Mutiara 16:16:16 kotoran kambing, *biochar* tandan kosong kelapa sawit, *biochar* tongkol jagung, sekam padi dan air.

3.3. Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun secara faktorial. Percobaan dilakukan dengan memberikan dua faktor yaitu penambahan kotoran kambing (P) dan *biochar* (B) dari tandan kosong kelapa sawit, *biochar* tongkol jagung dan sekam padi

Faktor pertama yaitu penambahan Kotoran Kambing yang terdiri dari 4 taraf:

1. Tanpa kotoran kambing 0% : 100% kompos dan *biochar* (P1)
2. Penambahan kotoran kambing 5% : 95% kompos dan *biochar* (P2)
3. Penambahan kotoran kambing 10% : 90% kompos dan *biochar* (P3)
4. Penambahan kotoran kambing 15% : 85% kompos dan *biochar* (P4)

Faktor kedua yaitu penambahan *biochar* yang terdiri dari tiga jenis *biochar*:

1. *Biochar* tandan kosong kelapa sawit 1,2% (B1)
2. *Biochar* tongkol jagung 1,2% (B2)
3. Sekam padi 1,2% (B3)

Pengambilan penambahan dosis *biochar* ini didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Cornelissen et al., 2018) dengan penambahan dosis *biochar* sebanyak 5t – 15t per hektar pada kompos maka dianggap optimal. Penambahan dosis *biochar* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kompos menjadi kering karena tingkat aerasi yang berlebihan. Pada penelitian ini akan menggunakan dosis sebesar 1,2% (12 gram *biochar* per kg).

Karakteristik pelet kompos dianalisis menggunakan RAL faktorial dengan pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 36 satuan percobaan.

Pengujian dan pengukuran parameter dilakukan secara acak dan data dianalisis dengan menggunakan *Anova* dan dilanjutkan dengan BNT 0,05. Berikut Tabel kombinasi pada penelitian ini (Tabel 10)

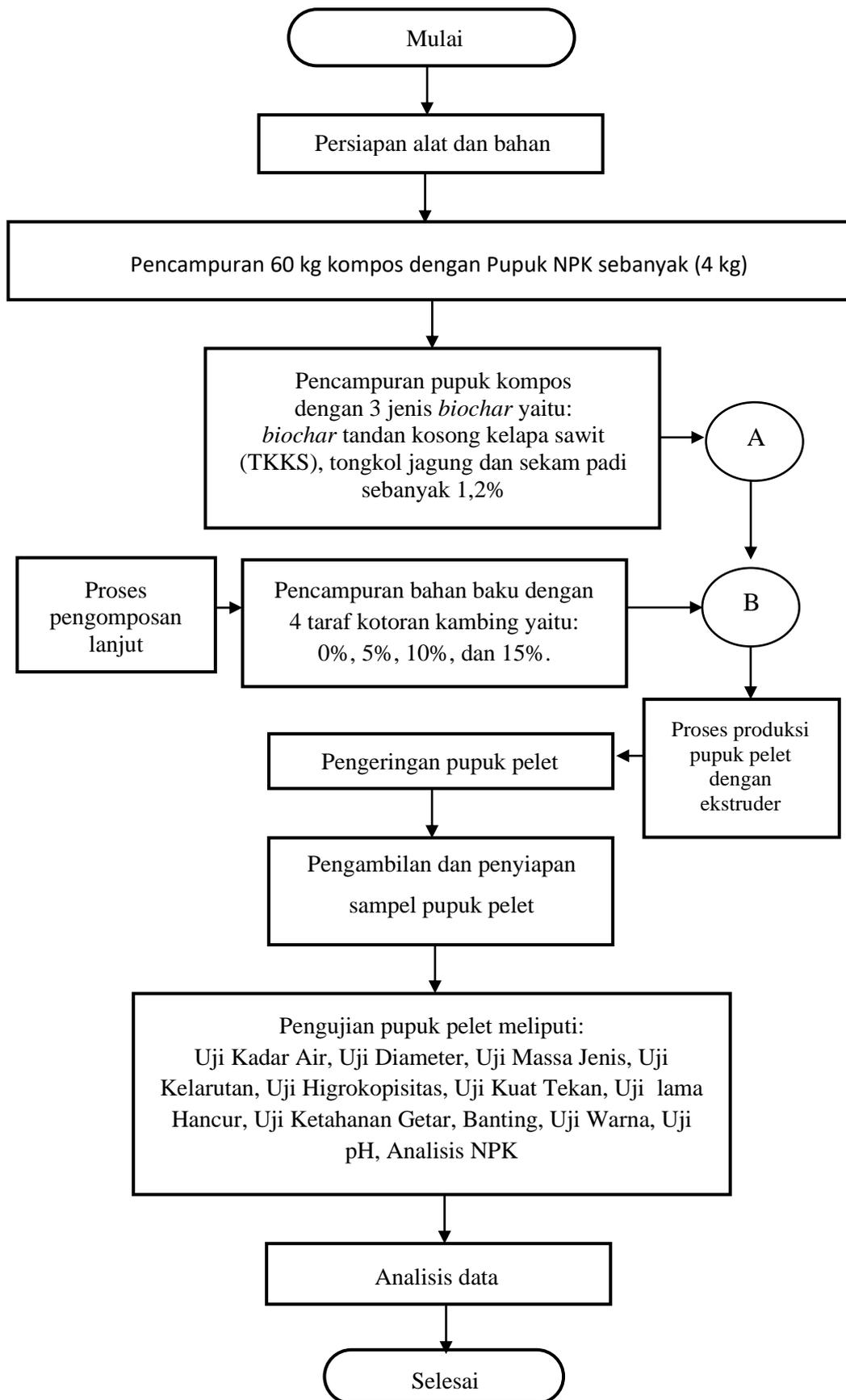
Tabel 10. kombinasi perlakuan

Kotoran kambing	<i>Biochar</i>	Ulangan		
		1(U1)	2(U2)	3(U3)
0% (P1)	TKKS (B1)	P1B1U1	P1B1U2	P1B1U3
	SP (B2)	P1B2U1	P1B2U2	P1B2U3
	TJ (B3)	P1B3U1	P1B3U2	P1B3U3
5% (P2)	TKKS (B1)	P2B1U1	P2B1U2	P2B1U3
	SP (B2)	P2B2U1	P2B2U2	P2B2U3
	TJ (B3)	P2B3U1	P2B3U2	P2B3U3
10% (P3)	TKKS (B1)	P3B1U1	P3B1U2	P3B1U3
	SP (B2)	P3B2U1	P3B2U2	P3B2U3
	TJ (B3)	P3B3U1	P3B3U2	P3B3U3
15% (P4)	TKKS (B1)	P4B1U1	P4B1U2	P4B1U3
	SP (B2)	P4B2U1	P4B2U2	P4B2U3
	TJ (B3)	P4B3U1	P4B3U2	P4B3U3

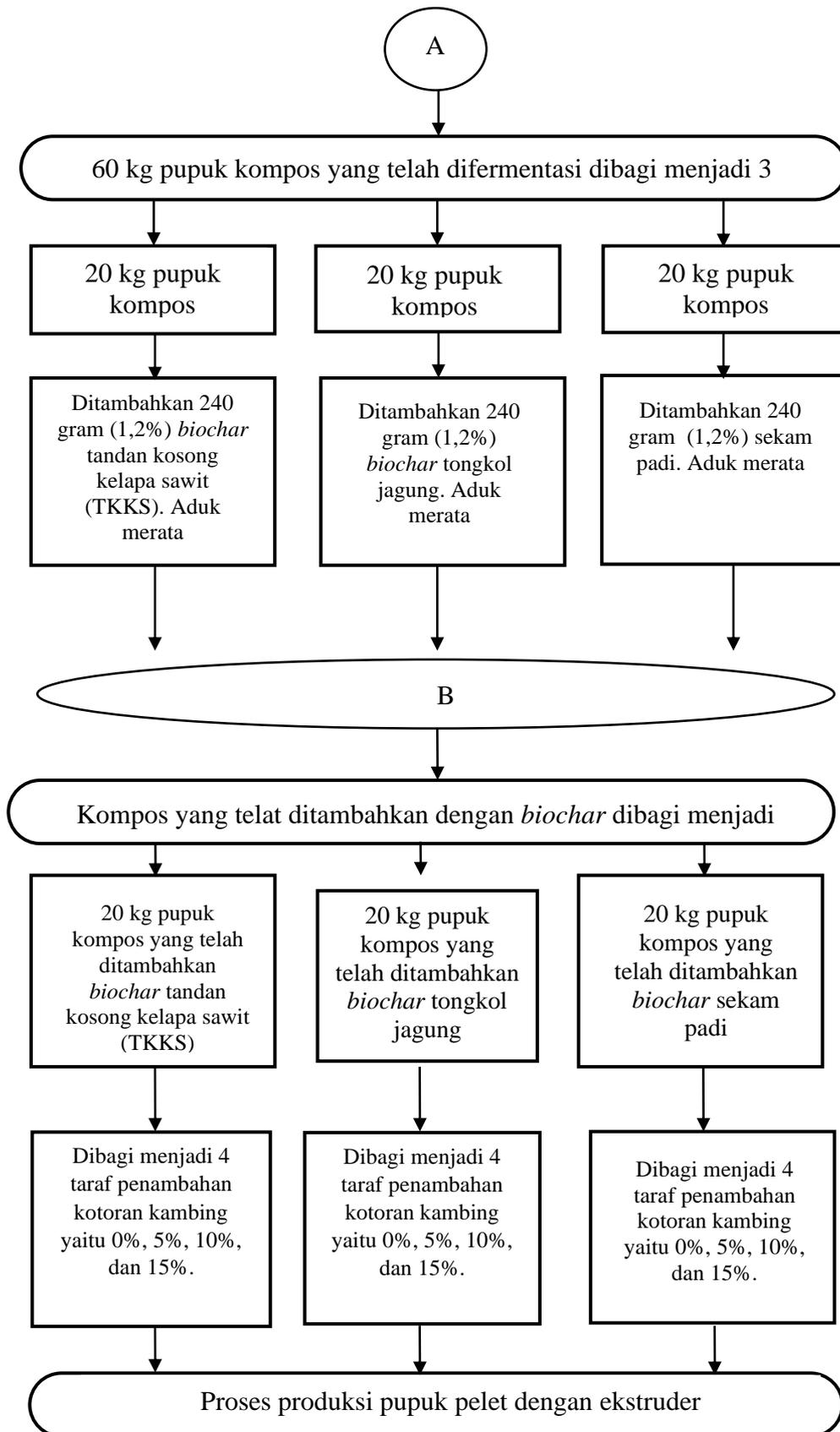
Keterangan: Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS); Tongkol jagung (TJ); Sekam padi (SP).

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 *Biochar* dan kotoran kambing

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan bahan pupuk kompos dari Metro lestari yang akan difermentasi dengan NPK Kemudian dan dibagi menjadi 3 bagian untuk dilakukan proses penambahan dan pencampuran dengan tandan kosong kelapa sawit (TKKS), *biochar* tongkol jagung, dan sekam padi. Dosis *biochar* yang diberikan sebesar 1,2%. Penyiapan bahan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Penyiapan Bahan untuk pembuatan pelet

3.4.2 Pembuatan *Biochar*

Limbah tandan kosong kelapa sawit dan tongkol jagung sebelumnya dilakukan pengecilan ukuran agar memudahkan dalam proses pirolisis. Tandan kosong kelapa sawit dan tongkol jagung yang telah dikecilkan, selanjutnya dilakukan proses karbonisasi secara pirolisis hingga tandan kosong kelapa sawit dan tongkol jagung menjadi *biochar*. Pirolisis kedua bahan tersebut dilakukan secara terpisah supaya menghindari kedua bahan tercampur. Setelah proses pirolisis selesai, bahan dikeluarkan dari reaktor dan disiram dengan air agar tidak menjadi abu. Selanjutnya, *biochar* tongkol jagung dijemur dibawah sinar matahari agar kering sehingga tidak mudah rusak (Gambar 6). *Biochar* yang sudah kering kemudian ditumbuk menggunakan lumpang dan alu agar berukuran halus, serta dilakukan pengayakan menggunakan ayakan ukuran 1 mm. Penghalusan dan pengayakan bertujuan agar mendapatkan ukuran yang seragam sehingga memudahkan saat pencampuran dengan bahan-bahan lainnya.



Gambar 6. Proses Pembuatan *Biochar*

3.4.3 Pencampuran Kompos Dengan NPK

Dalam pencampuran kompos dengan pupuk NPK, kompos dicampurkan dengan 4 kg pupuk NPK Mutiara 16:16:16 yang selanjutnya ditambahkan air sebanyak 8 liter lalu diaduk merata, lalu dilakukan penyemprotan pupuk NPK pada kompos (Gambar 7). Kompos yang telah dicampur dengan NPK kemudian didiamkan selama satu minggu agar komponen kompos dengan pupuk NPK dapat menyatu.



Gambar 7. Proses Penambahan Pupuk NPK dengan cara penyemprotan.

3.4.4 Pencampuran Kompos dengan *Biochar*

Dalam pencampuran kompos dengan *biochar* tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung dan, sekam padi. Kompos terlebih dahulu dibagi menjadi 3 karung dengan bobot yang sama sebesar 20 kg/karung. Karung kompos pertama ditambahkan *biochar* tandan kosong kelapa sawit 1,2% (240 gram), karung kompos kedua ditambahkan *biochar* tongkol jagung 1,2% (240 gram), dan karung ketiga ditambahkan sekam padi 1,2% (240 gram), penambahan dosis *biochar* tersebut berdasarkan dari penelitian (Cornelissen et al., 2018) penambahan dosis *biochar* sebanyak 1,2% pada kompos maka dianggap optimal dan untuk penambahan dosis. Proses penambahan *biochar* dapat dilihat pada (Gambar 8)



Gambar 8. Penambahan Pupuk kompos dengan *biochar*.

3.4.5 Pencampuran Kompos Dengan Kotoran Kambing

Adonan pupuk kompos yang telah dicampurkan dengan *biochar* selanjutnya dibagi menjadi 4 bagian untuk ditambahkan dengan kotoran kambing dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15%. Sebelum ditambahkan kotoran kambing ke dalam kompos, diambil terlebih dahulu kompos sesuai dengan jumlah kotoran kambing yang akan ditambahkan. Maka akan didapatkan perbandingan yang mana pada bagian pertama 100% (5 kg) pupuk kompos tanpa campuran kotoran kambing, bagian kedua 95% (4,75 kg) pupuk kompos ditambahkan dengan 5% (0,25 kg) kotoran kambing, bagian ketiga 90% (4,5 kg) pupuk kompos ditambahkan dengan 10% (0,5 kg) kotoran kambing dan bagian keempat 85% (4,25 kg) pupuk

kompos ditambahkan dengan 15% (0,75 kg) kotoran kambing. Penambahan kotoran kambing pada kompos dilakukan dengan mengurai butiran-butiran kotoran kambing dengan air sehingga kotoran kambing akan menjadi adonan yang akan ditambahkan ke pupuk kompos (Gambar 9).



Gambar 9. pencampuran kompos dengan kotoran kambing

3.4.6 Pembuatan Pupuk Pelet

Adonan pupuk kompos yang telah ditambahkan 3 jenis *biochar* dengan 20 kg kompos untuk setiap unit percobaannya. Setelah itu ditambahkan kotoran kambing dengan takaran yang diinginkan yaitu 4 taraf (0%, 5%, 10%, dan 15%). Proses selanjutnya yaitu pembuatan pelet dengan ekstruder, proses ini dilakukan dengan menggiling pada setiap perlakuan secara bergantian, lalu pupuk pelet akan keluar dari lubang alat pembuat pelet.

Dalam pembuatan pupuk pelet ini, Kompos sebelumnya dikomposkan kembali terlebih dahulu selama 1 minggu dengan penambahan 6,67% atau ditambahkan 4 kg pupuk NPK ke dalam 60 kg kompos. Setelah itu, kompos yang telah diperkaya dengan NPK dibagi menjadi tiga bagian, yang mana setiap bagiannya sebanyak 20 kg pupuk kompos yang telah di diperkaya. Setelah itu, pupuk kompos dibagi kembali menjadi empat bagian dengan masing-masing seberat 5 kg untuk selanjutnya dilakukan penambahan *biochar* sebanyak 1,2% 60 gram (1,2%) per bagian.

Pupuk kompos yang telah ditambahkan *biochar* selanjutnya akan dilakukan pencampuran dengan kotoran kambing. Dalam pencampuran kompos dengan kotoran kambing akan dilakukan dengan taraf yang berbeda yaitu tanpa kotoran kambing, 5%, 10% dan 15% dengan cara yang telah dijelaskan (Gambar 3), proses pencampuran *biochar* dan kotoran kambing. Kemudian dilakukan pengadonan dengan cara memasukan pupuk yang telah dicampurkan tadi ke dalam mesin ekstruder yang diulang hingga adonan menjadi kalis. Adonan yang sudah kalis dilakukan pencetakan menggunakan mesin ekstruder dengan lubang pengeluaran sebesar ± 1 cm (Gambar 10) dan dipotong dengan panjang ± 2 cm. Adonan yang telah dicetak dijemur dengan bantuan sinar matahari selama 4 hari hingga pelet menjadi kering sempurna. Pupuk pelet yang telah kering kemudian disimpan didalam plastik untuk nantinya akan dilakukan pengujian kadar air, diameter pelet, warna, kelarutan, massa jenis, pH, uji lama hancur, ketahanan banting, higroskopisitas, kuat tekan, kandungan NPK, dan ketahanan getar.



Gambar 10. Proses Pembuatan Pelet menggunakan mesin Ekstruder

3.4.7. Pengujian Pupuk Pelet

Pengujian pada pupuk pelet meliputi kadar air, diameter, warna pelet, kelarutan, massa jenis curah dan partikel, nilai pH, lama waktu hancur (Disintegration time), ketahanan banting, hidroskopisitas, kuat tekan, kandungan NPK, dan ketahanan getar.

3.4.7.1 Uji 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 diberi 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 didalam desikator dan ditimbang kembali untuk mengetahui massa setelah di oven. Pengujian kadar air dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$KA = \frac{(x - z) - (y - z)}{(x - z)} \times 100\% \dots (1)$$

Keterangan :

KA	= Kadar air bobot basah (%)
x	= Bobot sebelum di oven + cawan(g)
y	= Bobot setelah di oven + cawan (g)
z	= Bobot cawan (g)

3.4.7.2 Uji Diameter Pelet

Uji diameter pelet dilakukan dengan mengukur menggunakan alat jangka sorong untuk mengetahui besar diameter yang dimiliki oleh pelet.

3.4.7.3 Uji Warna Pelet

Uji warna pelet dilakukan dengan cara menentukan intensitas tiga warna utama yang membentuk warna pada pelet, pengukuran ini menggunakan bantuan alat kolorimeter yaitu Colorimeter Amtast-AMT507. Pengujian perubahan warna dilakukan dengan menggunakan sistem CIE-Lab yaitu mengukur warna kecerahan (L^*), kromatisasi merah ($+a^*$) atau hijau ($-a^*$), dan kromatisasi kuning ($+b^*$) atau biru ($-b^*$). Dilakukan perbandingan nilai L^* , a^* dan b^* dari setiap perlakuannya.

3.4.7.4 Uji Kelarutan

Uji kelarutan Dalam pengujian ini menggunakan alat Electrical Conductivity (EC) meter merek Mediatech 1900131 untuk mengukur konsentrasi ion- ion yang terlarut setiap waktu pengamatan yang dinyatakan dalam satuan micro siemens per centimeter (uS/cm). Pengamatan ini dilakukan secara visual hingga menunggu nilai konduktivitas menjadi stabil. Apabila terjadi penyusutan volume air, maka air diisi kembali keadaan awal (100 ml) dengan diikuti pengukuran konduktivitas. Perbandingan air aquades dengan pelet yang digunakan yaitu 1 g pelet dengan 100 ml air aquades.

3.4.7.5 Uji Massa Jenis

Uji massa jenis atau densitas dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu massa jenis curah dan massa jenis partikel.

a. Massa Jenis Curah

Massa jenis curah dilakukan dengan menganggap semua volume sampel bernilai sama, kemudian menimbang sampel pada timbangan. Sebelumnya, gelas beaker berukuran 250 ml ditimbang bobotnya terlebih dahulu, kemudian isi gelas beaker hingga berisi 250 ml, lalu timbang sampel pelet yang ingin kita ketahui massa pelet tersebut. Selanjutnya lakukan pengulangan dengan mengganti gelas beaker dengan ukuran 500 ml dan 1000 ml, kemudian isi gelas beaker hingga berisi 250 ml lalu Timbang sampel pelet yang ingin kita ketahui massa pelet tersebut.

b. Massa Jenis Partikel

Massa jenis partikel dilakukan dengan mengukur diameter dan panjang pelet untuk mendapatkan nilai volume pelet dengan menggunakan rumus volume tabung, kemudian menimbang massa pelet guna menentukan densitas pupuk kompos pelet.

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

Keterangan :

ρ = Massa jenis/densitas (g/mm³)

m = Massa pupuk (g)

V = Volume pupuk pelet (mm^3)

3.4.7.6 Uji pH

Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui nilai pH yang terkandung dalam pupuk kompos pelet yang dibuat, karena unsur hara tersedia sangat tergantung dengan nilai pH. Pengujian ini dilakukan dengan bantuan pH meter (pH meter air digital-pH-2011ATC), berdasarkan SNI 7763:2018, bahwa pengujian pH pada pupuk dilakukan dengan terlebih dahulu menimbang pupuk sebanyak 5 g setiap perlakuannya. Pupuk dihaluskan hingga mencapai ≤ 1 mm. Pelet yang akan diuji dimasukkan ke dalam gelas beaker berukuran 250 ml, kemudian diisi dengan 29 ml air aquades (Ningrum, 2021). Campuran pelet dan aquades kemudian dikocok menggunakan shaker selama 5 menit. Jika semuanya sudah tercampur, dilakukan pengukuran menggunakan pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi.

3.4.7.7 Uji Lama Waktu Hancur (Disintegration Time)

Uji lama waktu hancur pelet bertujuan untuk mengetahui seberapa lama pelet larut didalam air. Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan pupuk pelet ke dalam gelas yang telah terisi oleh air aquades. Perbandingan antara pupuk pelet yang diuji dengan air aquades yaitu 1 gram pupuk pelet berbanding 100 ml air aquades. Dilakukan pengamatan sampai sampel pelet pecah didalam air aquades dan dicatat lama waktunya yang dinyatakan dalam jam. Jika terjadi penyusutan volume air, maka air diisi kembali keadaan awal (100 ml).

3.4.7.8 Uji Ketahanan Banting

Ketahanan dan kekuatan pelet saat disimpan atau dipindahkan dapat diuji dengan menggunakan uji banting. Pengujian ini dilakukan dengan mengayak sampel pelet yang akan diuji dengan menggunakan ayakan 3 mm, dengan tujuan memastikan ukuran sampel yang diuji berukuran seragam. Pelet ditimbang sebanyak 50g, 100 g dan 200 g lalu dijatuhkan dari ketinggian 2 meter. Kemudian ayak pelet yang

telah dijatuhkan dan ditimbang kembali pelet yang tersisa. Untuk menghitung nilai uji banting dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketahanan banting} = \frac{w_1}{w_2} \times 100\% \dots (3)$$

Keterangan :

W_2 = Pelet sebelum dijatuhkan (g)

W_1 = Pelet sesudah dijatuhkan (g)

3.4.7.9 Uji Higroskopisitas

Uji higroskopisitas adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan atau umur simpan pupuk kompos pelet apabila dibiarkan di tempat yang terbuka. Pengujian ini dilakukan ke masing-masing sampel percobaan yang telah di oven selama 24 jam pada suhu 105°C, pengujian ini diulangi sebanyak 3 kali. Setelah di oven pelet didinginkan ke dalam desikator, pelet kemudian ditimbang untuk mengetahui bobot awal pupuk kompos pelet. Pelet dimasukkan ke dalam cawan dan dibiarkan di ruangan terbuka dengan suhu ruangan berkisar 26-28 °C, sedangkan kelembaban sebesar 70-85%. Setiap hari dilakukan penimbangan pada pelet untuk mengetahui perubahan bobot pelet. Pengujian ini dilakukan hingga nilai berat pelet menjadi konstan. Untuk menghitung higroskopisitas dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{DSA} = \frac{(m_t - m_0)}{m_0} \times 100\% \dots (4)$$

Keterangan:

DSA = Daya serap air/higroskopisitas

m_0 = Bobot hari ke-0 (Bobot awal setelah pengovenan)

m_t = Bobot hari ke-n

3.4.7.10 Uji Kuat Tekan

Pupuk kompos yang telah kering kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat pres hidrolik. Pengujian kuat tekan meliputi pengujian kekuatan pelet dengan mengambil masing-masing sampel pelet sebanyak 3 kali ulangan. Sebelum pengujian terlebih dahulu diketahui luas penampang pelet, kemudian pelet diletakkan di atas timbangan (kapasitas 180 kg) dalam posisi berdiri. Selanjutnya pelet ditekan dengan hidrolik (Krisbow Hidrolik Bench tipe 10 t) hingga pelet hancur (Gambar 11).



Gambar 11. Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan pada pelet didapatkan nilai beban maksimum dalam satuan kg. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan, dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$KT = \frac{M_{maks} \times G}{LP} \dots (8)$$

Keterangan :

KT = Kuat tekan (MPa)

M_{maks} = Beban maksimum di timbangan(kg)

G = Gravitasi (9,81 m/(s²))

LP = Luas penampang pelet (m²)

3.4.7.11 Uji Kandungan NPK

Pengujian NPK dilakukan pada kompos awal, *biochar* dan kotoran kambing. Perhitungan ini menggunakan massa bahan dalam keadaan basis kering. Nilai NPK kompos pelet yang diperkaya dihitung menggunakan rumus :

$$N = \frac{(N_k \times M_k) + (N_b \times M_b) + (N_{NPK} \times M_{NPK})}{BT} \times 100\% \dots (5)$$

$$P = \frac{(P_k \times M_k) + (P_b \times M_b) + (P_{NPK} \times M_{NPK})}{BT} \times 100\% \dots (6)$$

$$K = \frac{(K_k \times M_k) + (K_b \times M_b) + (K_{NPK} \times M_{NPK})}{BT} \times 100\% \dots (7)$$

Keterangan:

- N_k = Kandungan Nitrogen kompos
- N_b = Kandungan Nitrogen *biochar*
- N_{NPK} = Kandungan Nitrogen Kotoran kambing
- P_k = Kandungan Fosfor kompos
- P_b = Kandungan Fosfor *biochar*
- P_{NPK} = Kandungan Fosfor Kotoran kambing
- K_k = Kandungan Kalium kompos
- K_b = Kandungan Kalium *biochar*
- K_{NPK} = Kandungan Kalium Kotoran kambing
- M_k = Massa Kompos
- M_b = Massa *Biochar*
- M_{NPK} = Massa Kotoran kambing
- MT = Massa Total Bahan

3.4.7.12 Uji Ketahanan Getar

Pengujian ketahanan getar bertujuan untuk mengetahui persentase jumlah pelet yang masih utuh setelah dilakukannya perlakuan fisik dengan bantuan mesin bor duduk (merek STS tipe yc-7134 buatan Cina), mata bor berbentuk L bergerak berputar mengenai dinding dari botol plastik. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan keseluruhan sampel percobaan yang ada. Sebelum dilakukan pengujian, pelet terlebih dahulu ditimbang sebanyak 5 g, 10 g, dan 15 g. Setelah itu, pelet dimasukkan ke dalam media penggetar selama 10 menit (Gambar 12). Apabila sudah 10 menit, mesin dimatikan dan diayak menggunakan ayakan ukuran 3 mm, setelah itu ditimbang kembali massa pelet yang tersisa. Mesin penggetar yang digunakan memiliki frekuensi getaran sebesar ± 1200 rpm atau ± 20 Hz dan amplitudo batang penggetar sebesar 5,5 cm.



Gambar 12. Proses uji getar pada pupuk pelet

Untuk mengetahui besar ketahanan getar dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketahanan getar} = \frac{mb}{ma} \times 100\% \dots (8)$$

Keterangan :

ma = Massa pupuk kompos pelet utuh (g)

mb = Massa pupuk kompos pelet setelah pengujian (g)

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 IBM SPSS Statistical .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah

1. Perlakuan penambahan kotoran kambing menunjukkan pengaruh nyata terhadap warna (semakin tinggi dosis kotoran kambing semakin cerah, meningkatkan nilai a^* dan b^* warna), kelarutan (semakin tinggi dosis kotoran kambing tingkat kelarutan makin rendah), massa jenis partikel (semakin tinggi dosis kotoran kambing massa jenis partikel semakin tinggi), kuat tekan (semakin tinggi dosis kotoran kambing nilai kuat tekan semakin tinggi), ketahanan getar (semakin tinggi dosis kotoran kambing ketahanan getar semakin tinggi), nilai pH dan Kandungan Nitrogen (semakin tinggi dosis kotoran kambing kadar kehilangan N semakin rendah)
2. Perlakuan penambahan *biochar* dengan jenis berbeda yaitu *biochar* TKKS, Sekam padi dan tongkol jagung menunjukkan pengaruhnya terhadap Kadar air, diameter, L^* warna, b^* warna, kelarutan, massa jenis partikel, kuat tekan, pH dan higroskopisitas. Perlakuan *biochar* TKKS memiliki nilai tertinggi dalam pengujian kadar air, diameter, b^* warna, massa jenis partikel dan pH. Pada perlakuan *biochar* sekam padi memiliki nilai tertinggi dalam pengujian massa jenis curah dan kandungan NPK sedangkan pada perlakuan *biochar* tongkol jagung memiliki nilai tertinggi dalam nilai L^* warna, a^* warna, kuat tekan, ketahanan getar, ketahanan banting dan higroskopisitas.
3. Pada faktor interaksi *biochar* dan kotoran kambing terjadi pada tingkat kelarutan, massa jenis partikel, nilai pH, kandungan N dan nilai higroskopisitas pupuk pelet.

4. Pupuk pelet dengan perlakuan P4B3 memiliki karakteristik terbaik dalam hal kekuatan dan ketahanan. Pupuk pelet dengan perlakuan P4B3 memiliki ketahanan getar, ketahanan banting dan kuat tekan yang tertinggi dibandingkan pada perlakuan yang lain. Pupuk pelet dengan perlakuan P4B3 memiliki tingkat kehilangan nitrogen yang rendah dikarenakan karakteristik dari pupuk pelet dengan perlakuan ini yang kuat, sehingga tidak mudah untuk kehilangan nitrogen. Selain itu pupuk pelet dengan perlakuan P4B3 dapat digunakan jika kita membutuhkan pupuk dengan respon slow release dikarenakan dia melepaskan unsur haranya secara perlahan, sehingga dapat bertahan lebih lama.

5.2 Saran

Saran berdasarkan penelitian ini untuk penelitian selanjutnya: yaitu perlu dilakukan pengujian dan penelitian lanjutan seperti pemberian dan pengaplikasian pelet secara langsung pada tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- APPI. (2023). *Produksi Pupuk Indonesia*. Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia.
- APPI. (2022). Konsumsi Pupuk RI Capai 2,82 Juta Ton Pada Semester I/2022 [Government]. *Konsumsi pupuk ri capai 2,82 juta ton pada semester i/2022*. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/konsumsi-pupuk-ri-capai-282-juta-ton-pada-semester-i2022>. Diakses pada 03 maret 2023
- Belay, A., Claassens, A. S., Wehner, F. C., & De Beer, J. M. (2001). Influence Of Residual Manure On Selected Nutrient Elements And Microbial Composition Of Soil Under Long-Term Crop Rotation. *South African Journal Of Plant And Soil*, 18(1), 1–6.
- Chang, R. (2004). *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 1*. Erlangga.
- Cornelissen, G., Jubaedah, Nurida, N. L., Hale, S. E., Martinsen, V., Silvani, L., & Mulder, J. (2018). Fading Positive Effect Of *Biochar* On Crop Yield And Soil Acidity During Five Growth Seasons In An Indonesian Ultisol. *Science Of The Total Environment*, 634, 561–568.
- Direktorat Pupuk Dan Pestisida. (2004). *Pedoman Pengawasan Pupuk Bersubsidi*. Direktorat Pupuk Dan Pestisida.
- Elnour, A. Y., Alghyamah, A. A., Shaikh, H. M., Poulouse, A. M., Al-Zahrani, S. M., Anis, A., & Al-Wabel, M. I. (2019). Effect Of Pyrolysis Temperature On *Biochar* Microstructural Evolution, Physicochemical Characteristics, And Its Influence On *Biochar*/Polypropylene Composites. *Applied Sciences*, 9(6), 1149.
- Engelstad, O. P. (Ed). (1997). *Teknologi Dan Penggunaan Pupuk*. Gadjah Mada University Press.
- Fahlevi, M. R., Aryadi, W., & Sunyoto. (2019). Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Perikat Terhadap Karakteristik Fisik Dan Mekanik Briket Limbah Organik. *Jurnal Inovasi Mesin*, 1(2), 27–31.

- Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L., & Mäder, P. (2007). Soil Organic Matter And Biological Soil Quality Indicators After 21 Years Of Organic And Conventional Farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1–4), 273–284.
- Gani, A. (2009). *Biochar Penyelamat Lingkungan*. *Warta Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 31(6), 15–16.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, Georg, & Zech, W. (2014). Terra Preta' Phenomenon: A Model For Sustainable Agriculture In The Humid Tropics. *Springer-Verlag*, 88(1), 37–41.
- Hapsari, A. Y., Chalimah, D. S., & Pd, M. (2013). Kualitas Dan Kuantitas Kandungan Pupuk Organik Limbah Serasah Dengan Inokulum Kotoran Sapi Secara Semianaerob. *Ums*, 14.
- Hara, M. (2001). *Fertilizer Pelets Made From Composted Livestock Manure*. 11.
- Hasibuan, B. E. (2006). *Pupuk Dan Pemupukan*. USU Press.
- Hasibuan, B. E. (2008). *Diktat Kuliah Pupuk Dan Pemupukan*. Fakultas Pertanian.
- Ilhamsyah, A. R., & Tambunan, A. H. (2015). *Karakterisasi Produk Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Biopelet Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Bogor Agricultural University (IPB).
- Irianto, G. (2012). *Kebijakan Pengelolaan Pupuk Dan Subsidi Pupuk Sektor Pertanian*. Bahan Diskusi Terbatas Permasalahan Pupuk Di Indonesia.
- Isnaini, M. (2006). *Pertanian Organik*. Kreasi Wacana.
- Isroi. (2009). *Kompos Cara Mudah, Murah dan Cepat Menghasilkan Kompos*. Andi.
- Jones, J. B. (2003). *Agronomic Handbook: Management Of Crops, Soils And Their Fertility*. Crc Press.
- Julianarifdah, R. (2022). *Pengaruh Penambahan Pupuk Urea Terhadap Karakteristik Pupuk Kompos Pelet*. Lampung University.

- Jusuf, L. (2006). *Potensi Daun Gamal Sebagai Bahan Pupuk Organik Cair Melalui Perlakuan Fermentasi*. 2(1), 12.
- Kasiyati, S. (2010). *Analisis Dampak Subsidi Harga Pupuk Terhadap Output Sektor Produksi Dan Tingkat Pendapatan Rumah Tangga Di Jawa Tengah*. 6, 18.
- Lal, Rattan. (1994). *Method And Guidelines For Assesing Suistainable Use For Soil and Water Resources In The Tropics* . Smss Tech. Monograph No 21.
- Lehmann, J. (2007). Bioenergy In The Black. *Front Ecol Environ*, 5(7), 381–387.
- Lubis, A. S., Romli, M., Yani, M., & Pari, G. (2016). Mutu Biopellet Dari Bagas, Kulit Kacang Tanah dan Pod Kakao. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 10.
- Lubis, A. U. (2010). *Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) Di Indonesia*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- M 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.
- Mieldazys, R., Jotautiene, E., Jasinskis, A., & Aboltins, A. (2017, May 24). *The Physical Mechanical Properties Evaluation Of Experimental Granulated Organic Compost Fertilizer*. 16th International Scientific Conference Engineering For Rural Development.
- Miransari, M. (2013). Soil Microbes and The Availability Of Soil Nutrients. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(11), 3075–3084.
- Murbandono, H. S. L. (2007). *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya.
- Musnawar, E. I. (2003). *Pupuk Organik Cair dan Padat Pembuatan Aplikasi*. Penebar Swadaya.
- Nuuruningrum, I. (2017). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays Linn*) sebagai Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali Warga Di Kelurahan Jati Utomo Kecamatan Binjai Utara Tahun 2017. *Skripsi, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara Medan*.

- Prabawati, S. Y., & Wijaya, A. G. (2008). Pemanfaatan Sekam Padi Dan Pelepah Pohon Pisang. *Jurnal Aplikasi Ilmu-Ilmu Agama*, 9(1), 44–56.
- PT Pupuk Indonesia. (2023, January 5). Produksi Pupuk Indonesia Grup 18,84 Juta Ton Di 2022 [Government]. *Produksi Pupuk Indonesia Grup 18,84 Juta Ton Di 2022*. <https://Bumn.Go.Id/Post/Produksi-Pupuk-Indonesia-Grup-1884-Juta-Ton-Di-2022>. Diakses pada 03 Maret 2023
- Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian. (2020). *Statistik Sarana Pertanian Tahun 2020 Statistics Of Agricultural Facilities*. Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian.
- Reno, S. (2015). *Hidroponik Budidaya Tanaman Tanpa Tanah Mudah, Bersih Dan Menyenangkan*. Arcitra. Arcitra.
- Rosmarkam, A., & Yuwono, N. W. (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius.
- Rukmana. (2007). *Bertanam Petsai dan Sawi*. Kanisius.
- Salikin, Karwan A. (2003). *Sistem Pertanian Berkelanjutan* (6th Ed.). Kanisius.
- Sari. (2014). Characterization Of Oil Palm Empty Fruit Bunch And Rice Husk Biochars And Their Potential To Adsorb Arsenic And Cadmium. *American Journal Of Agricultural And Biological Sciences*, 9(3), 450–456.
- Sentana, S. (2010). Pupuk Organik, Peluang dan Kendalanya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”* 1–4, 4.
- Setyawan, B. A., & Ngadiyono, Y. (2022). Analisis Pengaruh Tingkat Kelembaban Filamen Pla Terhadap Nilai Kekuatan Mekanik Hasil Cetak 3d Printing. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 7(1), 1–11.
- Setyorini, D., Saraswati, R., & Anwar, E. K. (2006). *Kompos*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. (2006). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan.

- Siregar, I. Z., & Sri, W. B. R. (2006). *Modul Pelatihan Kompos*. Fakultas Kehutanan IPB.
- Sismiyanti, S., Hermansah, H., & Yulnafatmawita, Y. (2018). Klasifikasi Beberapa Sumber Bahan Organik dan Optimalisasi Pemanfaatannya Sebagai *Biochar*. *Jurnal Solum*, 15(1), 8.
- Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Carvalho, C. R., Snoo, G. R. De, & Eden, P. (2001). Ecological Impacts of Arable Intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63(4), 337–365.
- Suharto. (2013). Pemberdayaan Petani Melalui Rancang Bangun Mesin Pembuat Pelet Kompos Kotoran Sapi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2), 45-50.
- Suryani, A. M. (2009). Pemanfaatan Tongkol Jagung Untuk Pembuatan Arang Aktif sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Skripsi Departemen Kimia Fakultas Mipa IPB Bogor.*, 100.
- Sutedjo, M. M. (2002). *Pupuk Dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Rineka Cipta.
- Tambunan, S., Siswanto, B., & Handayanto, E. (2014). *Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah Di Lahan Kering Malang Selatan*. 1(1).
- Tan, K. H. (1993). *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker. Inc.
- Triyono, S., Dermiyati, Haryanto, A., Amien, E. R., & Ningrum, D. W. E. (2021). Pemberdayaan Petani Melalui Rancang Bangun Mesin Pembuat Pelet Kompos Kotoran Sapi. *Universitas Lampung*.
- Wahyono, S. (2018). Tinjauan Manfaat Kompos Dan Aplikasinya pada Berbagai Bidang Pertanian. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 6(1).
- Wungkana, I., Suryanto, E., & Momuat, L. (2013). *Aktivitas Antioksidan Dan Tabir Surya Fraksi Fenolik*. 2(04), 7.