

**PENGARUH TEKANAN DAN UKURAN PARTIKEL
TERHADAP KARAKTERISTIK *BIOPELLET* TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS)**

(Skripsi)

Oleh

SUGIONO



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2021**

ABSTRACT

THE EFFECT OF PRESSURE AND PARTICLE SIZE ON THE CHARACTERISTICS OF EMPTY BAND BIOPELLETS PALM OIL (TKKS)

Biopellet is a biomass-based solid fuel that has the potential to be developed into alternative energy because it has renewable properties. This study was conducted to determine the characteristics of good biomass from oil palm empty fruit bunches (TKKS), to determine the effect of pressure variations and particle size variations on biomass from oil palm empty fruit bunches (TKKS). This research method uses a completely randomized design with two factors, namely the pressure factor and the particle size factor. The analysis carried out is the analysis of water content, density, strength, color, ash content, and *bulk density*. The moisture content of the treatment pellet (T4P1) had the lowest moisture content of 9.91%. The highest density in the treatment pellet (T4P4) was 1.06 g/cm³. Strength analysis in treatment (T4P1) had the lowest lost weight of 0.10. Treatment (T1P1) had a color change value (ΔE) of 10.78. Analysis of the ash content of the material in the treatment (P3) has the lowest value of 12.18. Analysis of bulk density in treatment (T3P1) had the highest value of 0.62 g/ml.

Analysis of water absorption weight gain occurred in the first five days after being placed in an open space, the highest weight gain occurred on the first, second and third days. After a week the weight on the *biopellets* can increase or decrease.

Fine particle size is slower to absorb water compared to other particle sizes. As for the highest pressure of 173 MPa, it is slower to absorb water compared to other pressures.

Key words : Moisture content, Color, Absorption, Density, Strength.

ABSTRAK

PENGARUH TEKANAN DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPELLET TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)

Biopellet merupakan bahan bakar padat berbasis biomassa yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi energi alternatif karena mempunyai sifat dapat diperbaharui. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik biomassa yang baik dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), Untuk mengetahui pengaruh Variasi tekanan dan variasi ukuran partikel terhadap biomassa dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Metode penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor yaitu faktor tekanan dan faktor ukuran partikel. Analisis yang dilakukan yaitu analisis kadar air, massa jenis, kekuatan, warna, kadar abu, dan bulk density. Kadar air pellet perlakuan (T4P1) memiliki kadar air terendah 9,91%. Massa jenis tertinggi pada pellet perlakuan (T4P4) sebesar 1,06 g/cm³. Analisis kekuatan pada perlakuan (T4P1) memiliki bobot hilang paling rendah sebesar 0,10. Perlakuan (T1P1) memiliki nilai perubahan warna (ΔE) sebesar 10,78. Analisis kadar abu bahan pada perlakuan (P3) memiliki nilai terendah 12,18. Analisis *bulk density* pada perlakuan (T3P1) memiliki nilai tertinggi sebesar 0.62 g/ml. Analisis daya serap air penambahan bobot terjadi pada lima hari pertama setelah diletakan di ruang terbuka penambahan bobot paling tinggi terjadi di hari pertama kedua dan ketiga.

Setelah seminggu bobot pada *biopellet* bisa bertambah dan bisa juga berkurang. Ukuran partikel halus lebih lambat dalam menyerap air dibandingkan dengan ukuran partikel lainnya. Sedangkan untuk tekanan paling tinggi 173 Mpa lebih lambat dalam menyerapan air dibandingkan dengan tekanan lainnya.

Kata kunci : Kadar air, Warna, Daya serap, Massa jenis, Kekuatan.

**PENGARUH TEKANAN DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP
KARAKTERISTIK *BIOPELLET* TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
(TKKS)**

Oleh

SUGIONO

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 TEKANAN DAN UKURAN
PARTIKEL TERHADAP KARAKTERISTIK
BIOPELLET TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT (TKKS)**

Nama Mahasiswa : **Sugiono**


Nomor Pokok Mahasiwa : **1714071002**

Jurusan/PS : **Teknik Pertanian**


Fakultas : **Pertanian**




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


Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.
NIP. 197801022003121001

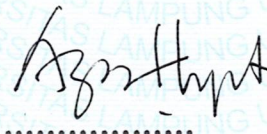
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

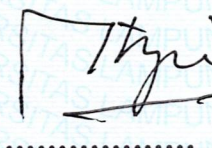
Ketua : Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.



Sekretaris : Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.



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



2. Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Agustus 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Sugiono** NPM 1714071002

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

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

Bandar Lampung, 11 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan



Sugiono
NPM. 1714071002

RIYAWAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Barat, pada hari Selasa, 8 September 1998, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara keluarga Bapak Ato dan Ibu Nenden. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD II Fajar Bulan, Lampung Barat sejak 2005 sampai dengan tahun 2009 dan menyambung pendidikan sekolah dasar di SD III

Puralaksana, Lampung Barat pada tahun 2009 sampai 2011. Penulis selanjutnya melanjutkan pendidikan di MTS Al-Ikhlas Fajar Bulan, Lampung Barat pada tahun 2011 sampai 2014, dan melanjutkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Waytenong, Lampung Barat pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2017.

Pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP). Penulis pernah menjabat sebagai Anggota Bidang Dana dan Usaha (DANUS) periode 2018/2019 dan periode 2019/2020. Penulis juga aktif

dalam Forum Study Islam Fakultas Pertanian (FOSI FP) Sebagai Anggota Bidang Kesekretariatan Masjid (KESMA) periode 2018/2019 dan sebagai Kepala Bidang Fundrising and Marketing periode 2019/2020.

Pada bulan Januari – Februari tahun 2020 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pematang Kasih, Kecamatan Abung Barat, Kabupaten Lampung Utara dengan tema “Peningkatan Sumber Daya Ekonomi Dan SDM Melalui Penyuluhan Dan Pemanfaatan Potensi”. Pada bulan Juni – Juli 2020 penulis melaksanakan Praktik Umum di Rumah Kopi Jenderal Air Hitam, Lampung Barat dengan judul “Mempelajari Teknik Pengolahan Biji Kopi Petik Merah Dengan Metode Pengolahan (Natural Proses) Di Jenderal Kopi Desa Gunung Terang Lampung Barat”.

Persembahan

Segala Puji dan Syukur Kepada (Allah SWT) Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang Atas Kesehatan dan Kemudahan Yang Engkau Berikan Akhirnya Skripsi Yang Sederhana Ini Dapat terselesaikan

Kupersembahkan karya kecilku ini kepada :

Kedua Orangtuaku

Ayah (Ato) dan Ibu (Nenden) yang selalu memberiku doa, semangat, nasihat, dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan.

Saudaraku

Seluruh keluarga besar (Abah Suhanta dan Aki Eno) yang telah memberikan doa dan dukungan terbaiknya untukku

Serta

*Almamater Tercinta Universitas Lampung
Fakultas Pertanian
Jurusan Teknik Pertanian
Teknik Pertanian Angkatan 2017*

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kekuatan dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul “**Pengaruh Tekanan dan Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik *Biopellet* Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Selama pelaksanaan penulis menyadari dan memahami dalam penyusunan skripsi ini begitu banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, bimbingan, dan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi ini;
2. Dr. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung;
3. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama menempuh pendidikan di jurusan Teknik Pertanian dan Pembimbing Utama

yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi dan memberikan saran selama menempuh perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;

4. Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, membimbing dan memberikan saran dalam penyusunan skripsi ini;
5. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku Dosen Pembahas yang telah meluangkan waktu, memberikan saran dan masukan untuk perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, serta bantuan kepada penulis selama ini;
7. Bapak Ato dan Ibu Nenden, selaku orang tua penulis yang telah merawat dan mendidik penulis hingga menjadi disiplin dan mandiri. Terima kasih atas doa dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis;
8. Keluarga Besar Abah Suhanta yang telah mendoakan dan mendukung penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
9. Roni Purwanto dan Rudianto selaku saudara dan om penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, masukan, serta bantuan finansial kepada penulis.
10. Keluarga Besar Asrama 45 (Bapak Mujiono, Riski Kurniawan S, Yuda Kurniawan, Pratama Jenius, Rizal, Ahmad Nurhadi) yang selalu memberikan doa dan dukungan yang sangat tulus kepada penulis selama perkuliahan.

11. Keluarga Besar *Biopellet* (Agustin, Agung Wahyudi, Wahyu Arifiyanto, Angga dan Willy) yang telah bersedia menemani dan membantu penulis selama melaksanakan penelitian pada malam hari;
12. Steff, Eka, Atika, Binti, Erine, Nanda, Dhea, Bang Duta, Pak untung yang Selalu ada ketika penulis kesulitan selama mengerjakan Skripsi;
13. Teman-teman seperjuangan angkatan 2017 selaku keluarga penulis selama menempuh perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan selama kurang lebih 4 tahun ini, doa, dukungan, dan saran kepada penulis. Terima kasih telah menerima penulis sebagai keluarga dengan sangat hangat, semoga kalian dimudahkan dalam penelitian dan penulisan skripsinya;

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 11 Oktober 2021

Penulis

Sugiono

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Hipotesis Penelitian.....	3
1.6. Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengolahan kelapa sawit	4
2.2. Limbah kelapa sawit.....	5
2.3. Karakteristik TKKS.....	6
2.4. Pemanfaatan limbah	7
2.5. Keunggulan TKKS	8
2.6. Faktor penting dalam pembuatan <i>biopellet</i>	9

2.6.1. Densifikasi	9
2.6.2. Pengaruh ukuran partikel.....	9
2.6.3. Pengaruh kadar air	10
2.6.4. Pengaruh temperatur.....	10
2.6.5. Pengaruh temperatur alat pencetak.....	11
2.6.6. Pengaruh penambahan zat aditif.....	11
2.6.7. Pengaruh tekanan.....	12
2.7. Kualitas biopellet.....	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Waktu dan Tempat	14
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	14
3.2.1. Alat	14
3.2.2. Bahan	15
3.3. Rancangan percobaan.....	15
3.4. Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1. Persiapan bahan baku	17
3.4.2. Penggilingan	18
3.4.3. Penjemuran	18
3.4.4. Pengayakan.....	18
3.4.5. Penimbangan	18
3.4.6. Pencetakan	18
3.4.7. Pengujian	20
3.5. Parameter pengamatan	21
3.5.1. Kadar air	21
3.5.2. Massa jenis	21
3.5.3. Kadar Abu.....	22

3.5.4. Uji kekuatan.....	22
3.5.5. Daya serap air	22
3.5.6. Analisis warna	23
3.5.7. Bulk density	24
3.6.8. Nilai Kalor	24
3.6. Pelaksanaan kegiatan.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Karakteristik Bahan.....	26
4.2. Kadar air	28
4.3. Massa jenis	31
4.4. Uji kekuatan	35
4.5. Analisis warna	39
4.6. Bulk density.....	43
4.7. Kadar air bahan	45
4.8. Kadar abu bahan.....	47
4.8. Daya serap air.....	49
V. KESIMPULAN.....	53
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. Mutu <i>biopellet</i> Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675:2018.....	13
3. Kombinasi perlakuan	13
4. Pengambilan data	117
5. Karakteristik TKKS bahan 1 dan bahan 2.....	17
6. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kadar air <i>biopellet</i> bahan 1.....	28
7. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kadar air <i>biopellet</i> bahan 2.....	29
8. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap massa jenis pada <i>biopellet</i> bahan 1.....	31
10. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap massa jenis <i>biopellet</i> bahan 2.....	33
11. Pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap massa jenis <i>biopellet</i> 2.....	34
12. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap uji kekuatan <i>biopellet</i> 1.....	35
13. Pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kekuatan <i>biopellet</i> 1.....	36
14. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kekuatan <i>biopellet</i> 2.....	37
15. Pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kekuatan <i>biopellet</i> 2.....	38
16. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap analisis warna <i>biopellet</i> 1.....	39

17. Pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap warna <i>biopellet</i> 1.....	40
18. Hasil uji anova pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap analisis warna <i>biopellet</i> 2.....	41
19. Pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap analisis warna <i>biopellet</i> 2.....	42

Lampiran

20. Data kadar air <i>biopellet</i> bahan 1.....	70
21. Data kadar air <i>biopellet</i> bahan 2.....	72
22. Daya serap air <i>biopellet</i> bahan 1.....	74
23. Daya serap air <i>biopellet</i> bahan 2.....	76
24. Data massa jenis <i>biopellet</i> bahan 1.....	78
25. Data massa jenis <i>biopellet</i> bahan 2.....	80
26. Data uji jatuh <i>biopellet</i> bahan 1.....	82
27. Data uji banting <i>biopellet</i> bahan 2.....	84
28. Data analisis warna <i>biopellet</i> bahan 1.....	86
29. Data analisis warna <i>biopellet</i> bahan 2.....	88
30. Data kadar abu bahan 1.....	90
31. Data kadar abu bahan 2.....	91
32. Data kadar air bahan 1.....	92
33. Data kadar air bahan 2.....	93
34. Data bulk density <i>biopellet</i> bahan 1.....	94
35. Data bulk density <i>biopellet</i> bahan 2.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Press Hidrolik.....	19
2. Slinder pencetak.....	20
3. Batang penekan.....	20
4. Tumpuan bawah.....	20
5. Besi kecil tumpuan cetakan.....	<u>20</u>
6. Diagram alir penelitia.....	<u>25</u>
7. Grafik kadar air <i>biopellet</i> bahan 1.....	29
8. Grafik kadar air <i>biopellet</i> bahan 2.....	30
9. Grafik massa jenis <i>biopellet</i> 1.....	32
10. Grafik massa jenis <i>biopellet</i> 2.....	34
11. Grafik uji kekuatan <i>biopellet</i> bahan 1.....	36
12. Grafik uji kekuatan <i>biopellet</i> 2.....	38
13. Perubahan warna <i>biopellet</i> bahan 1 sebelum dan sesudah dicetak.....	40
14. Grafik analisis warna <i>biopellet</i> 1.....	41
15. Perubahan warna <i>biopellet</i> bahan 2 sebelum dan sesudah dicetak.....	42
16. Grafik analisis warna <i>biopellet</i> 2.....	43
17. Grafik bulk density <i>biopellet</i> bahan 1.....	44
18. Grafik bulk density <i>biopellet</i> bahan 2.....	45
19. Grafik kadar air bahan 1.....	46
20. Grafik kadar air bahan 2.....	47
21. Grafik kadar abu bahan 1.....	48
22. Grafik kadar abu bahan 2.....	49
23. Grafik daya serap air <i>biopellet</i> menggunakan fungsi power.....	50
24. Persentase penyerapan air selama 30 hari pada <i>biopellet</i> bahan 1.....	51

25. Persentase penyerapan air selama 30 hari pada <i>biopellet</i> bahan 2.....	52
---	----

Lampiran

26. Bahan baku <i>biopellet</i> TKKS dari medan.	59
27. Bahan dari medan setelah direndam.	59
28. Bahan baku TKKS dari lampung tengah.	59
29. Bahan baku <i>biopellet</i> yang sudah dicacah.	60
30. Pencetakan dengan menggunakan alat press hidrolik.....	600
31. Uji jatuh <i>biopellet</i> dengan ketinggian 150 cm	611
32. Contoh <i>biopellet</i> yang sudah selesai dicetak.....	611
33. Kadar abu bahan.....	611
34. Garafik partikel halus tekanan 0.5 ton	62
35. Garafik partikel halus tekanan 1 ton	62
36. Grafik partikel Halus Tekanan 1.5 Ton.....	62
37. Grafik partikel Halus Tekanan 2 Ton.....	62
38. Grafik Partikel Sedang Tekanan 0.5 Ton.....	63
39. Grafik Partikel Sedang Tekanan 1 Ton.....	63
40. Grafik Partikel Sedang Tekanan 1.5 Ton.....	63
41. Grafik Partikel Sedang Tekanan 2 Ton.....	63
42. Grafik Partikel Kasar Tekanan 0.5 Ton	64
43. Grafik Partikel Kasar Tekanan 1 Ton	64
44. Grafik Partikel Kasar Tekanan 1.5 Ton	64
45. Grafik Partikel Kasar Tekanan 2 Ton	64
46. Grafik Partikel Campuran Tekanan 0.5 Ton	65
47. Grafik Partikel Campuran Tekanan 1 Ton	65
48. Grafik Partikel Campuran Tekanan 1.5 Ton	65
49. Grafik Partikel Campuran Tekanan 2 Ton.....	65
50. Garafik Partikel Halus Tekanan 0.5 Ton.....	66
51. Grafik Partikel Halus Tekanan 1 Ton	66
52. Grafik partikel Halus Tekanan 1.5 Ton.....	66
53. Grafik partikel Halus Tekanan 1 Ton.....	66

54. Grafik Partikel Sedang Tekanan 0.5 ton	67
55. Grafik Partikel Sedang Tekanan 1 Ton	67
56. Grafik Partikel Sedang Tekanan 1.5 Ton	67
57. Grafik Partikel Sedang Tekanan 2 Ton	67
58. Grafik Partikel Kasar Tekanan 0.5 Ton	68
59. Grafik Partikel Kasar Tekanan 1 Ton	68
60. Grafik Partikel Kasar Tekanan 1.5 Ton	68
61. Grafik Partikel Kasar Tekanan 2 Ton	68
62. Grafik Partikel Campuran Tekanan 0.5 Ton	68
63. Grafik Partikel Campuran Tekanan 1Ton	69
64. Grafik Partikel Campuran Tekanan 1.5 Ton	69
65. Grafik Partikel Campuran Tekanan 2 Ton	69

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia. Menurut data Direktorat Jenderal Perkebunan (2019). Sejak tahun 2019 luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia diperkirakan telah menjadi 14,68 juta ha atau bertambah hampir 50 kali lipat. Bahkan bila mengacu pada data hasil rekonsiliasi perhitungan luas tutupan kelapa sawit nasional pada tahun 2019 jumlahnya meningkat hingga 16,38 juta ha (Nasution, 2014). Industri dan produksi kelapa sawit yang meningkat menyebabkan limbah yang dihasilkan juga semakin tinggi. Salah satunya adalah limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS merupakan limbah dengan jumlah persentase paling besar dibandingkan dengan limbah yang lainnya. Dalam mengolah per satu ton tandan buah segar (TBS) menghasilkan CPO sebanyak 0,21 ton (21%) serta PKO (minyak sawit inti) sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong 23%, serat 13,5 %, dan cangkang 5,5% dari tandan buah segar (Susilawati & Supijatno, 2015).

TKKS adalah limbah yang dihasilkan setelah dilakukannya proses pemipilan buah sawit setelah perebusan, kemudian didapatkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit. Limbah TKKS biasanya digunakan sebagai pupuk atau digunakan sebagai mulsa bagi tanaman kelapa sawit. Akan tetapi pabrik kelapa sawit di Indonesia sebagian besar tidak memiliki kebun kelapa sawit sendiri sehingga limbah yang dihasilkan tidak termanfaatkan dengan baik. Limbah TKKS biasanya hanya ditimbun di sekitar pabrik sehingga membutuhkan lahan yang luas untuk penampungan limbah. Oleh sebab itu perlu dilakukan penanganan limbah agar dapat mengurangi penimbunan limbah yang semakin banyak. Salah satu

pemanfaatannya adalah dengan dijadikan bahan bakar biomassa berbentuk pellet atau lebih sering disebut *biopellet*. *Biopellet* adalah bahan bakar biomassa yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, dan kandungan energi. *Biopellet* merupakan bahan bakar padat yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi energi alternatif karena mempunyai sifat dapat diperbaharui (Lestari, 2014). Oleh sebab itu dilakukan penelitian pembuatan *biopellet* TKKS dengan menggunakan variasi tekanan dan variasi ukuran partikel. Harapannya dapat membantu penanganan limbah dan juga dapat mengetahui karakteristi dari *biopellet* TKKS.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik *biopellet* yang baik dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).
2. Adakah pengaruh perbedaan tekanan dalam pembuatan *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).
3. Adakah pengaruh variasi ukuran partikel dalam pembuatan *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).
2. Mengetahui pengaruh variasi tekanan dalam pembuatan *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).
3. Mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel dalam pembuatan *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik biomassa dari TKKS dan memberikan informasi jenis bahan, variasi tekanan, dan ukuran partikel yang baik dalam pembuatan TKKS.

1.5. Hipotesis Penelitian

1. Tekanan berpengaruh terhadap karakteristik *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).
2. Ukuran partikel berpengaruh terhadap karakteristik *biopellet* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan yang digunakan berasal dari Medan dan Lampung Tengah.
2. Pencetakan *biopellet* menggunakan alat *press hidrolis* dengan tekanan maksimal 15 ton.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengolahan kelapa sawit

Pengolahan kelapa sawit merupakan suatu proses pengolahan yang menghasilkan minyak kelapa sawit. Hasil utama yang dapat diperoleh adalah minyak sawit adalah inti sawit, sabut, cangkang, dan tandan kosong kelapa sawit. Untuk membuat minyak kelapa sawit yang berkualitas, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menyortir buah kelapa sawit yang pas untuk diolah. Kelapa sawit yang digunakan harus kelapa sawit yang sudah berumur pas untuk diolah, jangan sampai memilih buah yang terlalu muda, harus menggunakan buah yang memiliki kondisi baik, jangan sampai menggunakan buah yang memiliki kondisi tidak baik. Pengolahan buah sawit menjadi CPO dilakukan dalam beberapa tahap yaitu penerimaan tandan buah segar (TBS), perebusan, perontokan, pelumatan, ekstraksi minyak dan klarifikasi (Fitriyono, 2012).

1. Penerimaan TBS dikelola dengan baik menghindari kerusakan pada buah yang dapat menyebabkan rendahnya kualitas minyak yang dihasilkan (Basiron, 2005).
2. Perebusan kelapa sawit dilakukan menggunakan uap pada tekanan 3 kg/cm^2 pada suhu $143 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Proses ini dilakukan untuk mencegah naiknya jumlah asam lemak bebas karena reaksi enzimatik, memudahkan perontokan buah dan mengkondisikan inti sawit untuk meminimalkan pecahnya inti sawit selama pengolahan berikutnya.
3. Perontokan adalah memisahkan buah dari tandannya, perontokan dilakukan dengan dua cara yaitu penggoyangan dengan cepat dan pemukulan.

4. Pelumatan dilakukan untuk memanaskan buah kembali, memisahkan perikarp dari inti, dan memecah sel minyak sebelum mengalami ekstraksi. Kondisi terbaik pelumatan ada pada suhu 95-100 °C selama 20 menit.
5. Ekstraksi minyak biasanya dilakukan dengan mesin press akan menghasilkan dua kelompok produk yaitu campuran antara air, minyak, padatan dan cake yang mengandung serat dan inti
6. Klarifikasi Minyak kasar hasil ekstraksi akan memiliki komposisi 66 % minyak, 24 % air, dan 10 % padatan bukan minyak (non oily solids, NOS). Karena kandungan padatannya cukup tinggi maka harus dilarutkan dengan air untuk mendapatkan pengendapan yang diinginkan. Setelah dilarutkan, minyak kasar disaring untuk memisahkan bahan berserat. Produk kemudian diendapkan untuk memisahkan minyak dan endapan. Minyak pada bagian atas diambil dan dilewatkan pada pemurni setrifugal yang diikuti oleh pengering vakum.

2.2. Limbah kelapa sawit

TKKS merupakan limbah dengan jumlah persentase paling besar dibandingkan dengan limbah yang lainnya. Dalam mengolah per satu ton tandan buah segar menghasilkan CPO sebanyak 0,21 ton (21%) serta minyak sawit inti (PKO) sebanyak 0,05 ton (5 %) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong 23%, serat 13,5 %, dan cangkang 5,5 % dari tandan buah segar (Susilawati & Supijatno, 2015).

Limbah padat kelapa sawit terdiri dari tandan kosong kelapa sawit, serat, cangkang, batang, dan pelepah. Dari berbagai limbah padat tersebut, hampir semuanya dapat diolah kembali menjadi hasil produksi yang memiliki nilai ekonomis. TKKS pada awalnya biasa digunakan sebagai kompos namun sejalan dengan penelitian yang dilakukan, TKKS dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar generator listrik. Serat kelapa sawit dapat menjadi bahan selulosa yang dapat diolah menjadi kertas. Cangkang kelapa sawit dapat diolah menjadi

beberapa produk yang bernilai ekonomis tinggi, yaitu karbon aktif, fenol, asap cair, tepung tempurung dan briket arang. Batang kelapa sawit dapat dimanfaatkan menjadi bahan bangunan dan furnitur,serta dapat menjadi sumber biomassa. Pelepah kelapa sawit dapat digunakan sebagai pakan ternak yang memiliki kandungan nutrisi yang baik (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2003).

2.3. Karakteristik TKKS

TKKS mengandung selulosa 41,3 % sampai dengan 46,5 %, hemiselulosa 25,3 % sampai dengan 33,8 %, dan lignin 27,6 % sampai dengan 32,5 %, selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50 % dari berat kering tanaman (Lynd et al., 2002). Hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang mengandung berbagai gula, terutama pentose. Hemiselulosa umumnya terdiri dari dua atau lebih residu pentose yang berbeda. Komposisi polimer hemiselulosa sering mengandung asam uronat sehingga mempunyai sifat asam. Hemiselulosa memiliki derajat polimerisasi yang lebih rendah, lebih mudah dibandingkan selulosa dan tidak nberbentuk serat-serat yang panjang. Selain itu, umumnya hemiselulosa larut dalam alkali dengan konsentrasi rendah dimana semakin banyak cabangnya semakin tinggi kelarutannya. Hemiselulosa dapat dihidrolisis dengan enzim hemiselulase (*xylanase*). Lignin adalah gabungan beberapa senyawa yang hubungannya erat satu sama lain mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, namun proporsi karbonnya lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat (Tillman et al., 1998).

Lignin sering digolongkan sebagai karbohidrat karena hubungannya dengan selulosa dan hemiselulosa dalam menyusun dinding sel namun lignin bukan karbohidrat. Hal ini ditunjukkan oleh proporsi karbon yang lebih tinggi pada lignin(Suparjo, 2004). Potensi energi biomassa sebesar 50,000 MW antara lain bersumber dari produk samping hasil pengolahan beberapa tanaman perkebunan dan pertanian salah satunya seperti kelapa sawit. Saat ini, jumlah energi biomassa yang telah dimanfaatkan hanya sebesar 302 MW. Potensi energi biomassa yang

ada atau setara dengan 0,604%. Biomassa merupakan salah satu potensi sumber energi terbarukan saat ini (Darsono, D S & Sumarti, M, 2014).

2.4. Pemanfaatan limbah

Pemanfaatan TKKS saat ini masih sangat terbatas, Pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia masih membakar, menimbun, dan dijadikan mulsa di perkebunan kelapa sawit, atau diolah menjadi kompos. Selama ini limbah TKKS hanya ditimbun atau digunakan untuk penyubur tanaman sawit muda dengan cara menyebarkan disekitar pohon sawit muda tersebut. Cara ini baik namun kelemahannya adalah tumpukan tandan kosong menjadi tempat nyaman berkembangnya hama sawit seperti kumbang sawit. Limbah padat tandan kosong juga dapat diolah menjadi kompos dan briket arang. Pembuatan kompos dan briket arang hanya dapat digunakan oleh sebagian kecil masyarakat. TKKS juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yang dapat digunakan secara luas oleh masyarakat dimanapun mereka berada. Selain itu pengkonversian TKKS menjadi energi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi di pabrik (Ishak, et al., 2017)

TKKS digunakan sebagai bahan organik bagi pertanaman kelapa sawit secara langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan secara langsung ialah dengan menjadikan TKKS sebagai material penutup budidaya untuk menjaga kelembaban tanah (mulsa). Sedangkan secara tidak langsung dengan mengomposkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai pupuk organik. Pengembalian bahan organik kelapa sawit ke tanah akan menjaga pelestarian kandungan bahan organik lahan kelapa sawit demikian pula hara tanah. Selain itu, pengembalian bahan organik ke tanah akan mempengaruhi populasi mikroba tanah yang secara langsung dan tidak langsung akan mempengaruhi kesehatan dan kualitas tanah. Aktivitas mikroba akan berperan dalam menjaga stabilitas dan produktivitas ekosistem alami demikian pula ekosistem pertanian (Salmina, 2017).

2.5. Keunggulan TKKS

Biopellet memiliki fungsi sebagai pengganti bahan bakar fosil, yaitu untuk pembangkit tenaga listrik ramah lingkungan dan pemanas ruangan. Proses pembuatan biomassa terdiri dari penerimaan bahan baku, *screening*, *grinding*, dan *drying*. Pemanfaatan limbah memerlukan upaya-upaya yang dapat merubah persepsi masyarakat yang dahulu beranggapan bahwa limbah itu dapat digunakan dan bisa menghasilkan nilai ekonomi. *Biopellet* merupakan bahan bakar padat berbasis biomassa yang berbentuk tabung padat atau pelet. Proses pembuatannya dengan cara pengempaan pada suhu dan tekanan tinggi, sehingga membentuk produk yang seragam (Yang et al., 2005). Bahan bakar *biopellet* ini berdiameter antara 3-12 mm dengan panjang antara 6-25 mm (Ramsay, 1983). *Biopellet* memiliki keunggulan yaitu dapat meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran. Serta ukuran dan keseragaman *biopellet* dapat memudahkan proses transportasi dari satu tempat ke tempat lainnya (Bhattacharya, 1998). Bahan baku biomassa berupa limbah eksploitasi seperti sisa penebangan, cabang dan ranting. Limbah industri perkayuan seperti sisa potongan, serbuk gergaji, kulit kayu, limbah pertanian seperti jerami, dan limbah sawit seperti TKKS. Salah satu proses pengolahan biomassa seperti limbah kayu ialah dengan cara pemeletan. Bahan bakar padat ini sering disebut dengan *biopellet*, yang merupakan bahan bakar biomassa berbentuk dan memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembaban, densitas serta kandungan energi (Bantacut et al., 2013).

Biomassa menghasilkan panas kurang lebih 4,9 kWh/kg karena memiliki kadar air yang rendah (8-10%), kadar abu (0,5-1%) dengan kerapatan 650 kg/m³. Satu kilogram biomassa menghasilkan panas yang sama dengan yang dihasilkan oleh setengah liter minyak (Leaver, 2008). Biomassa memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung pada bahan pembuatannya. Pembuatan untuk bahan bakar menggunakan zat organik atau biomassa seperti bungkil jarak, sekam, dan serbuk kayu. Keunggulan utama pemakaian bahan bakar *biopellet* adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti serbuk kayu yang biasanya dibuang begitu saja. Serbuk kayu yang terbuang begitu saja dapat teroksidasi dibawah

kondisi yang tak terkendali akan membentuk gas metana atau gas rumah kaca (Hendra, 2012).

Biomassa memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dari kayu. Bahan bakar menghasilkan emisi bahan partikulat yang paling rendah dibandingkan jenis lainnya. Sulfur dan gas karbon dioksida merupakan sedikit polutan air dan udara yang dihasilkan oleh penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Pembuatannya juga lebih mudah, biaya lebih murah, tidak berisiko meledak dan sumber bahan baku biomassa jumlahnya melimpah (Pratama & Helwani, 2017).

2.6. Faktor penting dalam pembuatan *biopellet*

2.6.1. Densifikasi

Proses densifikasi adalah proses pemadatan biomassa dengan cara pengempaan (penekanan) sehingga rapat massa atau juga kerapatan potensi energinya meningkat. Proses densifikasi diterapkan terhadap biomassa karena kandungan energi spesifik alaminya rendah. Dalam keadaan alami tanpa pengolahan apapun biaya transportasinya tinggi dan membutuhkan ruang penyimpanan yang besar dan sulit dalam penanganannya.

2.6.2. Pengaruh ukuran partikel

Ukuran dan bentuk partikel bahan baku biomassa sangat berpengaruh pada proses densifikasi. Telah disepakati bahwa material biomassa dengan ukuran 6-8 mm memberikan hasil yang paling baik. Meskipun teknologi *screw press* yang menggunakan tekanan tinggi (1000-1500 bar) dapat diaplikasikan pada material biomassa berukuran besar. Proses pembuatan tidak akan berjalan lancar dan penyumbatan dapat terjadi di bagian awal proses. Partikel biomassa yang lebih besar tidak akan terhancurkan dengan baik akan bertambah dan terakumulasi dibagian masuk dan steam yang dihasilkan akibat temperatur yang tinggi (sesuai

dengan perputaran penghancur, panas yang dihasilkan dari alat pencetak, dan juga jika material dipanaskan terlebih dahulu). Ketika mesin mulai berkondensasi dan terbentuk gumpalan sehingga menyebabkan terjadinya penyumbatan. Untuk menghindari hal tersebut, seringkali partikel yang lebih besar dihancurkan terlebih dulu sehingga didapatkan ukuran partikel yang bervariasi. Adanya variasi pada ukuran partikel meningkatkan dinamik susunan partikel saat pengompakkan dan berkontribusi kepada kekuatan statis yang tinggi.

2.6.3. Pengaruh kadar air

Persentase kadar air pada bahan baku biomassa yang masuk ke mesin pengepres merupakan faktor yang sangat penting. Secara umum dapat disimpulkan bahwa saat kadar air 8-10% *biopellet* akan mempunyai kadar air 6 - 8%. Pada kadar air tersebut *biopellet* bersifat kuat dan bebas pecah atau retak serta proses pembuatan akan berjalan lancar. Bila kadar air kurang dari 8% *biopellet* akan bersifat lemah dan rapuh. Pada proses pembuatan kadar air juga bertindak sebagai perekat dengan menguatkan ikatan. Air membantu terjadinya ikatan *Van der Waals* dengan meningkatkan area kontak partikel. Berhasil tidaknya proses pengompakkan bergantung pada kadar air yang dimiliki oleh bahan baku biomassa. Jumlah kadar air yang tepat mengakibatkan terjadinya ikatan alami dari komponen *lignocelulosic*. Kadar air yang terkandung dalam biomassa juga mempengaruhi *bulk density* yang dihasilkan.

2.6.4. Pengaruh temperatur

Dengan memberikan variasi temperatur biomassa, maka densitas, kekuatan, kadar air pada *biopellet* juga akan bervariasi. Pada alat pencetak *biopellet* temperatur tidak tetap konstan tapi akan bertambah. Friksi internal dan eksternal mengakibatkan pemanasan lokal dan material akan mengalami perekatan alami. Dapat diasumsikan bahwa kadar air yang terkandung pada material membentuk

steam pada tekanan tinggi yang kemudian dapat menghidrolisis hemiselulosa dan lignin dalam biomassa menjadi karbohidrat dengan molekular rendah, produk lignin, polimer gula dan turunan lainnya. Produk-produk ini bila dikaitkan dengan panas dan tekanan pada alat pencetak bertindak sebagai perekat adesive. Temperatur tidak boleh lebih tinggi dari pada temperatur dekomposisi *biopellet* yaitu sekitar 30°C.

2.6.5. Pengaruh temperatur alat pencetak

Adanya baling-baling penghancur pada teknologi *screw press* mengakibatkan terjadi panas pada alat pencetak. Hal ini memberikan dua keuntungan yaitu mesin dapat beroperasi dengan konsumsi daya yang lebih rendah dan umur pakai dari alat pencetak akan lebih panjang. Kemudian temperatur alat pencetak harus dijaga pada rentang 280-290 °C. Jika temperatur alat pencetak lebih tinggi, friksi antara bahan baku dengan dinding alat pencetak akan menurun menyerupai pengompakkan yang terjadi pada tekanan yang lebih rendah yang menghasilkan hasil densifikasi yang lemah. Sebaliknya, temperatur rendah akan membutuhkan tekanan dan daya yang lebih tinggi sedangkan laju produksi menurun.

2.6.6. Pengaruh penambahan zat aditif

Proses pembuatan *biopellet* tidak dapat menambah nilai kalor dari bahan bakuyang digunakan. Untuk menaikkan nilai kalor dan kemampuan pembakaran dari suatu *biopellet* biasanya digunakan zat aditif tambahan seperti batubara dan arang. Telah disebutkan sebelumnya bahwa hanya teknologi *screw press* yang dapat mengakibatkan terjadinya karbonisasi, tergantung oleh kualitas bubuk arang atau batubara yang digunakan.

2.6.7. Pengaruh tekanan

Tekanan dan ukuran partikel pada saat pengempaan dapat mempengaruhi nilai densitas pada *biopellet*. Pada ukuran partikel halus tekanan yang diberikan akan mendorong partikel ke daerah yang kosong sehingga jumlah pori pada *biopellet* berkurang. Serbuk yang lebih kecil akan mengisi antara serbuk yang lebih besar, akibatnya densitas naik sejalan dengan kenaikan tekanan pengempaan. Tekanan juga memberikan pengaruh terhadap kerapatan pada saat proses densifikasi. Kerapatan *biopellet* yang semakin tinggi dapat mempermudah dalam penanganan, penyimpanan, dan transportasi. Selain itu *biopellet* juga memiliki daya serap air yang rendah membuat *biopellet* tidak cepat berjamur. Tekanan yang terlalu rendah menyebabkan hasilnya kurang maksimal namun jika tekanannya terlalu tinggi justru akan patah dan retak di bagian tengah (Fisafarini, 2010).

2.7. Kualitas *biopellet*

Biomassa merupakan bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan dan memiliki biaya produksi yang rendah. Terdapat beberapa Negara seperti Swedia Austria dan Jerman yang telah lebih dulu mengembangkan bahan bakar biomassa agar mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang saat ini jumlahnya terbatas. Selain itu Indonesia sebagai produsen CPO atau minyak kelapa sawit terbesar dengan produksi 23 juta ton/tahun. Tentu saja menyisakan limbah biomassa yang sangat besar dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *biopellet*. Dengan perkembangan energi biomassa yang semakin besar tentunya telah menghasilkan standar pellet biomassa yang baik untuk digunakan baik untuk skala industry atau rumahan ada beberapa kriteria yang harus memenuhi standar seperti kadar air, kadar abu, nilai kalor, dan kerapatan. Berikut Standar *biopellet* dari beberapa Negara dan Standar nasional Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Standar *biopellet* di beberapa Negara

Parameter	Unit	Austria	Jerman	Swedia	South Korea
Kadar air	%	<10	<12	<10	≤ 10
Kadar abu	%	<0,50	<1,50	<0,7	$\leq 0,7$
Nilai kalor	MJ/kg	>18	17,5-19,5	<19,08	$\geq 18,0$

Sumber : (Satmoko et al., 2013)

Tabel 2. Mutu *biopellet* Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675:2018

Parameter Uji	Satuan, Min/Maks	Rumah Tangga	Industri
Kadar air	(%) Maks	10	12
Kadar zat terbang	(%) Maks	75	80
Kadar abu	(%) Maks	5	5
Kadar karbon terikat	(%) Min	14	14
Kerapatan	(g/cm ³) Min	0,6	0,8
Nilai kalor	(MJ/kg) Min	16,5	16,5

Sumber : (Standarisasi Nasional Indonesia, 2018)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Desember 2020 di Laboratorium Daya, Alat, dan Mesin Pertanian (DAMP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Press hidrolik*, digunakan untuk memberikan tekanan pada cetakan.
2. Oven, digunakan untuk melakukan analisis kadar air.
3. *Bomb calorimeter*, digunakan untuk melakukan analisis nilai kalor.
4. *Collormeter*, digunakan untuk analisis warna.
5. Toples plastik, digunakan sebagai wadah untuk yang sudah dicetak.
6. Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan sebelum dicetak, analisis kadar air, daya serap air, massa jenis
7. Plastik, digunakan untuk wadah bahan yang sudah ditimbang dan akan dicetak.
8. Sendok dan corong, digunakan untuk memasukan bahan yang akan dimasukan ke pelastik dan cetakan.

9. Nampan, digunakan untuk memabawa *biopellet* yang sudah selesai dicetak dan ketika akan melakukan pengukuran.
10. Cawan, digunakan ketika akan di masukan ke dalam oven.
11. Ayakan, digunakan untuk memisahkan ukuran partikel yang halus, kasar dan sedang.
12. Alat tulis, digunakan untuk mencatat data dan apa saja yang berhubungan dengan penelitian.

3.2.2. Bahan

Bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bahan yang pertama adalah *biopellet* TKKS dari Medan kemudian direndam didalam air hingga hancur. Bahan yang ke dua tandan kosong kelapa sawit TKKS yang masih baru dari Lampung Tengah.

3.3. Rancangan percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RAL) dua faktor yaitu faktor tekanan dan ukuran partikel, pencetakan dilakukan secara berurutan di mulai dari ukuran tekanan dan partikel yang kecil hingga tekanan dan partikel yang besar.

Faktor tekanan terdiri dari 4 taraf, yaitu :

1. Tekanan 0,5 Ton yang dikonversi menjadi 43 Mpa (T1)
2. Tekanan 1 Ton dikonversi menjadi 86 Mpa (T2)
3. Tekanan 1,5 Ton dikonversi menjadi 131 Mpa (T3)
4. Tekanan 2 Ton dikonversi menjadi 173 Mpa (T4)

Faktor ukuran partikel terdiri dari 4 taraf, yaitu :

1. Halus 35 mesh (P1)
2. Sedang 18 mesh (P2)
3. Kasar 10 mesh (P3)
4. Campuran (P4)

Masing-masing faktor dan perlakuan mengalami pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 48 sampel. Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis dengan menggunakan uji sidik ragam. Apabila terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan maka akan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Tabel 3. Kombinasi perlakuan

T	P			
	P1	P2	P3	P4
T1	T1P1	T1P2	T1P3	T1P4
T2	T2P1	T2P2	T2P3	T2P4
T3	T3P1	T3P2	T3P3	T3P4
T4	T4P1	T4P2	T4P3	T4P4

Tabel 4. Pengambilan data

T4P4U1	T2P2U2	T2P4U3
T2P4U1	T4P4U3	T2P3U2
T1P3U3	T4P1U1	T1P2U2
T4P3U3	T3P4U3	T2P3U3
T3P4U2	T1P2U3	T4P2U2
T2P2U1	T2P4U2	T4P1U2
T3P3U3	T4P2U3	T4P3U2
T1P1U3	T3P1U2	T1P4U2
T3P4U1	T3P2U1	T2P3U1
T2P2U3	T4P4U2	T3P3U2
T3P2U3	T1P4U1	T3P1U3
T1P1U1	T4P1U3	T4P2U1
T2P1U3	T1P3U1	T1P1U2
T3P2U2	T2P1U1	T3P1U1
T4P3U1	T1P3U2	T2P1U2
T3P3U1	T1P2U1	T1P4U3

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan bahan baku

Bahan baku yang pertama berasal dari Medan sudah dalam bentuk *biopellet* kemudian direndam dengan menggunakan air hingga hancur dan dicetak menjadi *biopellet* kembali. Bahan yang kedua menggunakan bahan yang berasal dari Lampung Tengah masih dalam bentuk tandan kosong kelapa sawit. Kemudian dilakukan pencacahan dengan menggunakan mesin pencacah TKKS yang ada di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.

3.4.2. Penggilingan

Penggilingan dilakukan dengan menggunakan mesin pencacah tandan kosong kelapa sawit TKKS dengan kapasitas mesin dapat mencacah sebanyak 30 kg/jam, menghasilkan ukuran partikel hasil cacahan sebesar 3 mm.

3.4.3. Penjemuran

Penjemuran dilakukan untuk mengeringkan bahan TKKS hingga kandungan air pada bahan mencapai 12 %. Penjemuran dilakukan selama tiga hari dengan kadar air rata-rata bahan sebesar 11,3 %.

3.4.4. Pengayakan

Sortasi dilakukan dengan cara pengayakan dengan menggunakan 4 ukuran ayakan yaitu ukuran 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 3mm, tetapi dari hasil pengayakan yang digunakan hanya 3 ukuran partikel yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 2mm. Sedangkan untuk ukuran 3 mm tidak digunakan karena ukuran partikel yang didapatkan masih terlalu besar.

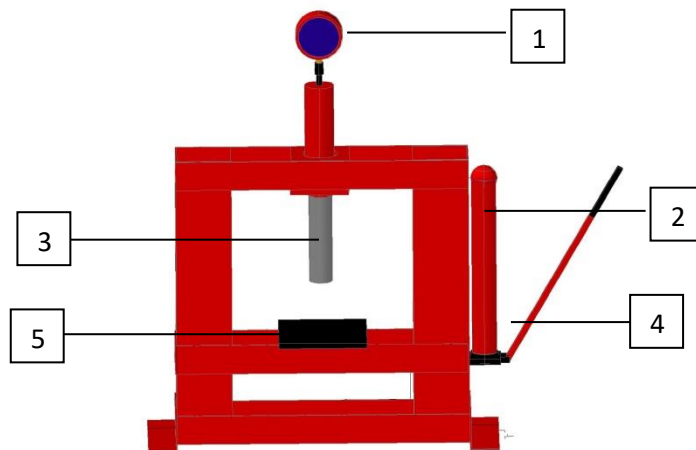
3.4.5. Penimbangan

Penimbangan bahan dilakukan untuk mempersiapkan bahan ketika akan di direndam dan akan diayak. Sebelum dicetak bahan juga ditimbang seberat 3 gram dan dimasukkan kedalam plastik agar pada saat pencetakan tidak memakan waktu lebih banyak sehingga pencetakan dapat dilakukan dengan cepat.

3.4.6. Pencetakan

Dikempa dengan menggunakan alat(*Press Hidrolik*) bahan baku yang sudah di dan ditimbang seberat 2,5 gram kemudian dicetak menggunakan silinder pencetak

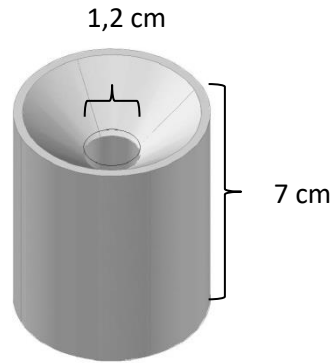
terbuat dari besi cor. Pencetakan dilakukan dengan menggunakan beberapa tekanan yaitu 0,5 ton yang dikonversi menjadi 43 Mpa, 1 ton yang dikonversi menjadi 86 Mpa, 1,5 ton yang dikonversi menjadi 131 Mpa, 2 ton yang dikonversi menjadi 173 Mpa



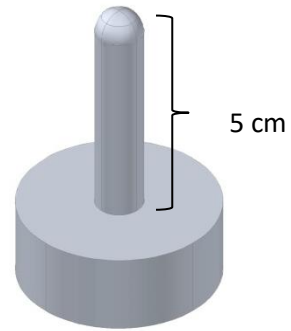
Gambar 1. Alat *Press Hidrolik*

Keterangan :

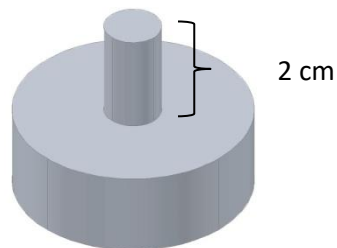
1. Penunjuk Tekanan
2. Tabung pompa hidrolik
3. Penekan cetakan
4. Tuas hidrolik
5. Bantalan penekan



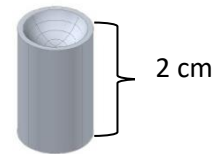
Gambar 2. Slinder pencetak



Gambar 3. Batang penekan



Gambar 4. Tumpuan bawah



Gambar 5. Besi kecil tumpuan cetakan

3.4.7. Pengujian

Setelah pencetakan selesai kemudian dilakukan pengujian yaitu analisis kadar air bahan, analisis kadar air, analisis daya serap air, analisis kadar abu bahan, analisis massa jenis, uji jatuh, analisis warna, dan bulk density.

3.5. Parameter pengamatan

3.5.1. Kadar air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam dengan berat yang sudah di keringkan. Kadar air yang tinggi akan berakibat semakin lama bahan bakar tersebut terbakar dan membutuhkan energi yang besar, selain itu kadar air yang tinggi juga dapat menyebabkan mudah berjamur.

$$\text{Kadar air} = \frac{(m_B - m_k)}{m_B} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

m_B = Massa sampel sebelum dikeringkan

m_K = Massa sampel setelah kering

3.5.2. Massa jenis

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Berat jenis suatu zat merupakan perbandingan berat zat tersebut terhadap volumenya. Satuan system internasional untuk berat jenis adalah N/m^3 .

$$S = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

S = berat jenis benda

w = berat benda

V = volume benda

3.5.3. Kadar Abu

Penetapan kadar abu dilakukan dengan 1 gram sampel yang diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian dimasukan ke dalam tanur dengan suhu maksimal 550 °C selama 2 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang kadar abu dihitung .

$$\text{Kadar abu \%} = \frac{\text{Bobot abu (gr)}}{\text{Bobot sampel kering oven (gr)}} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

3.5.4 Uji kekuatan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan *biopellet* ketika disimpan atau pada saat dipindahkan. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan *biopellet* dari ketinggian 1,5 meter. Setelah dijatuhkan *biopellet* diamati dan ditimbang kembali, untuk mengetahui kekuatan dari *biopellet* maka dilakukan perbandingan bobot *biopellet* setelah dijatuhkan dengan berat *biopellet* sebelum dijatuhkan. Kemudian diamati perubahan fisik pengurangan bobotnya.

$$\text{Kekuatan} = \frac{(w_2-w_1)}{w_2} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

W1 = bobot awal

W2 = bobot setelah dijatuhkan

3.5.5. Daya serap air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada kualitas itu sendiri biasanya akan lebih mudah tumbuhnya jamur, daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya

kadar pori pada. Analisis daya serap air dilakukan dengan membiarkan *biopellet* dalam ruang terbuka dan mengamati penambahan massanya secara berkala selama 30 hari (Rauf & Sarbini, 2015).

$$KA = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

M1= Berat awal

M2= Berat akhir

3.5.6. Analisis warna

Pengujian warna dilakukan terhadap *biopellet* sebelum dan setelah ditorefaksi. Pengujian perubahan warna dilakukan dengan menggunakan sistem CIE-Lab dengan mengukur parameter warna kecerahan (L*), kromatisasi [merah/hijau (a*), dan kromatisasi kuning/biru (b*). Perubahan warna secara keseluruhan (ΔE^*) dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah (Bahanawan & Krisdianto, 2020).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

ΔL^* = Perubahan kecerahan.

Δa^* = Perubahan kromatisasi merah/hijau.

Δb^* = Perubahan kromatisasi kuning/biru.

$0,0 < \Delta E^* = 0,5$ = perubahan dapat dihiraukan

$0,5 < \Delta E^* = 1,5$ = perubahan warna sedikit

$1,5 < \Delta E^* = 3$ = perubahan warna nyata

$3 < \Delta E^* = 6$ = perubahan warna besar

$6 < \Delta E^* = 12 =$ perubahan warna sangat besar

$\Delta E^* > 12 =$ warna berubah total.

3.5.7. Bulk density

Bulk density menunjukkan perbandingan antara berat dan volume bahan bakar padat. *Bulk density* berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar padat karena dapat meningkatkan nilai kalor bahan bakar padat. Besar dan kecilnya *bulk density* bahan bakar padat dipengaruhi oleh tekanan kempa, ukuran partikel, dan kehomogenan penyusun bahan bakar padat itu sendiri.

$$\text{Bulk density} = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

M = Massa sampel (g)

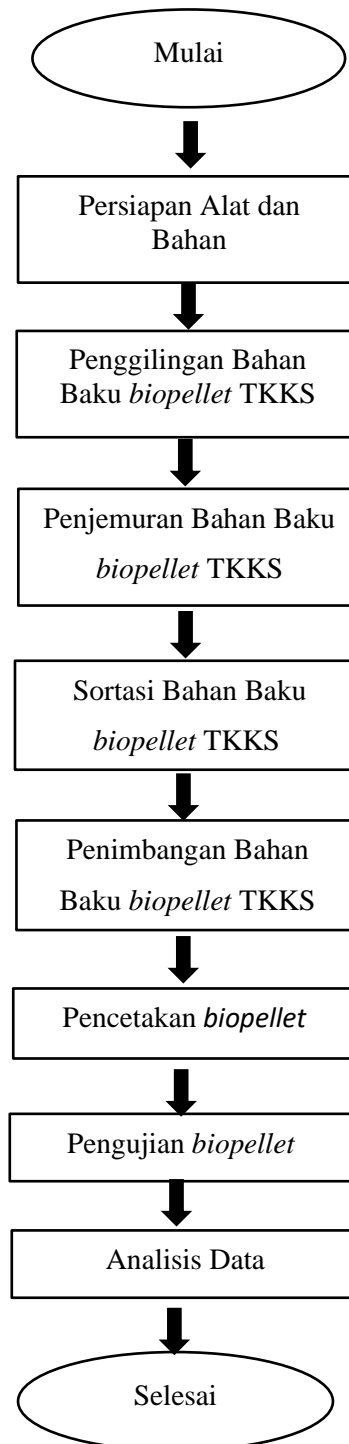
V = volume sampel (cm³)

3.6.8. Nilai Kalor

Analisis nilai kalor menggunakan boom calorimeter PARR 1341 Plain Jacket Colorimeter. Nilai Kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh satu gram bahan bakar dengan meningkatkan temperature satu gram air dengan satuan kalori. Penetapan nilai kalor dimaksudkan untuk mengetahui nilai panas pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor pellet maka akan semakin baik pula kualitasnya. Nilai kalor memiliki satuan MJ/kg.

3.6. Pelaksanaan kegiatan

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. TKKS memiliki nilai kalori antara 15,29 MJ/kg sampai dengan 15,70 MJ/kg sehingga berpotensi dijadikan sebagai sumber bahan bakar padat melalui proses densifikasi menjadi *biopellet*. *Biopellet* TKKS memiliki massa jenis diatas Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675:2018 sebesar 0,8 (g/cm³) dengan nilai rata-rata massa jenis *biopellet* adalah sebesar 1,13 (g/cm³). Sedangkan *bulk density* masih di bawah Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675:2018 sebesar 0,8 (g/cm³) dengan nilai rata-rata *bulk density biopellet* adalah 0,53 (g/cm³) akan tetapi *bulk density* meningkat 6 kali lipat lebih tinggi dibandingkan sebelum pencetakan. Kadar abu *biopellet* belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675:2018 sebesar 5 % sedangkan kandungan abu *biopellet* rata-rata sebesar 18%.. Warna *biopellet* berubah sangat besar setelah dilakukan pencetakan. Kemudian kemampuan menyerap air *biopellet* juga sangat besar tetapi untuk tekanan (T4) dan ukuran partikel (P1) penyerapan air cenderung lebih lambat dibandingkan perlakuan lainnya.
2. Pengaruh variasi tekanan memberikan perbedaan kepadatan dan kekuatan terhadap *biopellet*. *Biopellet* dengan tekanan yang paling tinggi T4 memiliki nilai massa jenis paling tinggi dibandingkan tekanan lainnya. Tekana T4 membuat *biopellet* memiliki ketahan yang lebih kuat ketika dilakukan uji kekuatan. *Biopellet* dengan tekanan T4 mengalami penyerapan lair yang lebih lambat dibandingkan perlakuan lainnya.
3. Pengaruh ukuran partikel pada *biopellet* memberikan pengaruh terhadap kerapatan, warna, dan kekuatan *biopellet*. Ukuran partikel (P1) memiliki

kerapatan yang paling baik dibandingkan perlakuan lainnya. Perubahan warna *biopellet* pada masing-masing ukuran partikel berbeda sangat nyata. Kemudian ukuran partikel (P1) memiliki kekuatan yang paling baik ketika di jatuhkan dari ketinggian 1.5 m dibandingkan perlakuan lainnya.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan variasi tekanan dan variasi ukuran partikel. Lakukan penelitian dengan perlakuan yang lebih banyak agar dapat mengetahui karakteristik dari *biopellet* dari berbagai perlakuan yang diberikan. Kemudian simpan *biopellet* di dalam wadah yang kedap udara agar tidak terjadi penyerapan air yang dapat menyebabkan tumbuhnya jamur pada *biopellet*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahanawan, A. & Krisdianto. 2020. Pengaruh pengeringan terhadap perubahan warna, penyusutan tebal, dan pengurangan berat empat jenis bambu. , 38: 69–80.
- Bantacut, T., Hendra, D. & Tin, R. 2013. Mutu Biopellet Dari Campuran Arang Dan Sabut Cangkang Sawit. *Journal of Agroindustrial Technology*, 23: 23.
- Bhattacharya, S.C. 1998. Appropriate biomass energy technologies: issues and problems. *Asian Productivity Organization (APO). Tokyo*.
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20003002448> 7 November 2019.
- Darsono, D S & Sumarti, M. 2014. Pembuatan Bioetanol Dari Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Perlakuan Awal Iradiasi Berkas Elektron Dan NaOH',. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 36: 245.
- El Bassam and, Maegaard P. 2004. Integrated renewable energy on rural communities. *Elsevier. Amsterdam.*, (Planning guidelines, technologies and applications).
- Esteves, B.M. & Pereira, H.M. 2008. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1): 370–404.
- Fisafarini, H. 2010. *Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa Dan Potensi Bio-Pellet Di Indonesia*. skripsi. jakarta: Universitas Indonesia.
- Fitriyono, A. 2012. Proses Pengolahan Dan Aplikasi Minyak Sawit Merah Pada Industri Pangan. , 2: 1–11.
- Gilang, R., Affandi, D.R. & dan Ishartani, D. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Koro Pedang (*Canavalia ensiformis*) dengan Variasi Perlakuan. *Jurnal Teknosains Panga*, 2(3): 34–42.
- Hansen, Jein AR, Hayes S & Bateman P. 2009. English Handbook for Wood Pellet Combustion. *Intelligent Energi for Europe*.
- Hendra, D. 2012. Rekayasa pembuatan mesin pellet kayu dan pengujian hasilnya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*,, 30: 144–154.

- Ishak, A, Kinseng, R. A & Sunito. 2017. Ekspansi perkebunan kelapa sawit dan perlunya perbaikan kebijakan penataan ruang. , 16: 10–16.
- Leaver, R.H. 2008. Fuel Pellet Kayu dan Pasar Residential. , 2: 214 hlm.
- Lestari, D.E. 2014. Pembuatan Bioetanol Dari Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Perlakuan Awal Iradiasi Berkas Elektron Dan NaOH'. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 36: 245.
- Lynd, Weimer, P.J, Zyl, W.H & Pretorius, I.S. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *American Society for Microbiology*, 66: 506–577.
- Nasution, A. 2014. *Pengaruh Pemberian Pakan Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Pristolepis grooti**. Skripsi. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Nugrahaeni, J. I. 2008. Pemanfaatan Limbah Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) untuk Bahan Pembuatan Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif.
- Pratama, y & Helwani. 2017. *Pembuatan briket pelepah sawit menggunakan proses torefaksi pada variasi tekanan dan penambahan perekat tapioka*.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2003. *Prosedur Operasional Baku Pembibitan*. Medan.
- Rahman. 2011. *Uji keragaan biopellet dari biomassa limbah sekam padi (*Oryza sativa* sp.) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan*. Skripsi. Bogor: : Institut Pertanian Bogor.
- Ramsay, w s. 1983. Energy From Forest Biomass. *Academic Press*: 294.
- Rauf, R. & Sarbini, D. 2015. Daya serap air sebagai acuan untuk menentukan volume air dalam pembuatan adonan roti dari campuran tepung terigu dan tepung singkong. , 35: hlmn 1-7.
- Salmina, S. 2017. studi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit oleh masyarakat di jorong koto sawah nagari ujung gading kecamatan lembah melintang. *Jurnal Spasial*, 32: 1604.
- Satmoko, M.E.A., Saputro, D.D. & Budiyo, A. 2013. Karakterisasi briket dari limbah pengolahan kayu sengon dengan metode cetak panas. *Mechanical Engineering Learning*, 2 (1).
- Standarisasi Nasional Indonesia. 2018. Pelet biomassa untuk energi. (SNI 8675-2018). *Badan Standardisasi Nasional*.
- Suparjo. 2004. Prinsip dan Faktor yang Berpengaruh dalam Pembuatan Silase. <http://www.jatayu66@yahoo.com>.

- Susilawati & Supijatno. 2015. Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau. , (2)(Jakarta): 203–212.
- Tillman, Hartadi, H, Reksohadiprodjo S, Prawirokusumo, S & Lebdosoekojo S. 1998. Ilmu Makanan Ternak Dasar. *Gajah Mada University Press, Yogyakarta*, 442.
- Yang, et al. 2005. Effect offuel properties on biomass combustion. Part I. Department of Chemical and Process Engineering, Sheffield University Waste Incineration Centre (SUWIC). *Sheffield, UK*, 84: 2116–2130.