

**PERBANDINGAN PROSES TOREFAKSI PELET MENGGUNAKAN  
PEMANAS KOMPOR DAN PEMANAS *HEATER* DARI BAHAN  
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

**Skripsi**

**Oleh  
Annisa Bella Pratiwi**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## **ABSTRACT**

### **COMPARISON OF PELLET TOREFACTION PROCESS USING STOVE HEATER AND ELECTRIC HEATER FROM PALM OIL EMPTY FRUGS MATERIAL**

**By**

**Annisa Bella Pratiwi**

Indonesia is the largest palm oil producing country in the world with plantation land in Indonesia which reached 14.03 million hectares in 2017. Empty palm oil bunches (TKKS) are still in the form of waste that has not been utilized optimally. This study aims to determine the temperature for the level of maturity and the results of the comparison between the stove heater and the electric heater in order to find out which heater is good. This study uses a torrefaction process using a heater and a stove heater. The heater uses a heating element, while the stove heater uses a flame from LPG gas. This study used a completely randomized factorial design with temperature variations of 220°C, 240°C, 260°C and time variations of 15 minutes, 25 minutes, 35 minutes. The results showed that the best temperature in the torrefaction process was using a stove heater of 240°C for 25 minutes, while using a heater at 220°C for 35 minutes. The best heater is to use a heater in accordance with the criteria, namely the average stove heater hardness test is 96% while the electric heater is 97%, the average bulk density of the stove heater gets a value of 0.969 while the electric heater is 0.478, the average mass density of the stove heater gets a value of 0.847 while the electric heater is 0.240, the average color test for the stove heater is lighter, while the electric heater is darker in color, the average pellet size for the stove heater is 0.9073 cm, while the electric heater has a volume value. 1.1699 cm, and the average hydrophobicity measurement of the immersion stove heater is darker, while the immersion heater is much clearer.

Keywords: empty palm oil sign, electric heater, stove heater, torrefaction, pellet

## ABSTRAK

### PERBANDINGAN PROSES TOREFAKSI PELET MENGGUNAKAN PEMANAS KOMPOR DAN PEMANAS *HEATER* DARI BAHAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Oleh

**Annisa Bella Pratiwi**

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia dengan lahan perkebunan di Indonesia yang mencapai 14,03 juta hektar pada tahun 2017. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) hingga saat ini masih berupa limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan limbah dari TKKS yaitu menjadi energi biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. jenis biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau menggunakan hasil limbah setelah diambil produk primernya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan suhu untuk tingkat kematangan dan hasil perbandingan antara pemanas kompor dan pemanas *heater* agar mengetahui pemanas manakah yang baik. Penelitian ini menggunakan proses torefaksi menggunakan pemanas *heater* dan pemanas kompor. Pemanas *heater* menggunakan elemen pemanas, sedangkan pemanas kompor menggunakan api dari gas LPG. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan variasi suhu 220° C, 240° C, 260° C dan variasi waktu 15 menit, 25 menit, 35 menit. Hasil penelitian diperoleh suhu terbaik pada proses torefaksi menggunakan pemanas kompor 240° C dengan waktu 25 menit, sedangkan menggunakan pemanas *heater* suhu 220° C dengan waktu 35 menit. Dapat disimpulkan alat pemanas yang terbaik berdasarkan penelitian ini adalah pemanas *heater* yang mana dalam proses uji banting didapatkan hasil 97% sedangkan

pemanas kompor mendapatkan hasil 96%, rata-rata *bulk density* pemanas kompor mendapat nilai 0,969 sedangkan pemanas *heater* 0,478, rata-rata *massa density* pemanas kompor mendapat nilai 0,847 sedangkan pemanas *heater* 0,240, rata-rata uji warna pemanas kompor warna lebih terang sedangkan pemanas *heater* warna lebih gelap, rata-rata ukuran pelet pemanas kompor nilai volume 0,9073 cm sedangkan pemanas *heater* nilai volume 1,1699 cm, dan rata-rata pengukuran *hidrophobicity* pemanas kompor hasil rendaman lebih gelap sedangkan pemanas *heater* hasil rendaman jauh lebih bening.

**Kata kunci : tanda kosong kelapa sawit, pemanas *heater*, pemanas kompor, torefaksi, pelet.**

**PERBANDINGAN PROSES TOREFAKSI PELET MENGGUNAKAN  
PEMANAS KOMPOR DAN PEMANAS *HEATER* DARI BAHAN TANDAN  
KOSONG KELAPA SAWIT**

Oleh  
*ANNISA BELLA PRATIWI*

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** : **PERBANDINGAN PROSES TOREFAKSI PELET  
MENGUNAKAN PEMANAS KOMPOR DAN  
PEMANAS HEATER DARI BAHAN TANDAN  
KOSONG KELAPA SAWIT**

**Nama Mahasiswa** : **Annisa Bella Pratiwi**

**No. Pokok Mahasiswa** : 1614071021

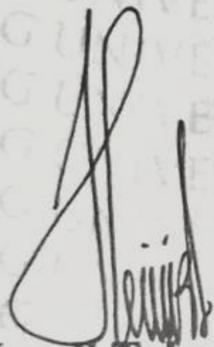
**Jurusan** : Teknik Pertanian

**Fakultas** : Pertanian

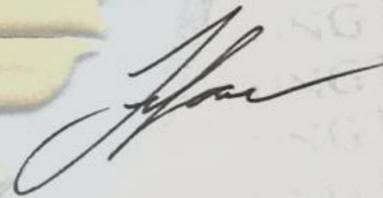


**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

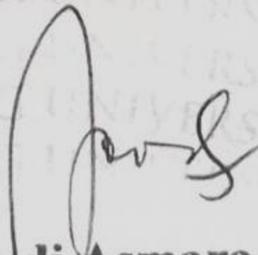


**Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**  
NIP 196505271993031002



**Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.**  
NIP 199002262019031012

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**



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

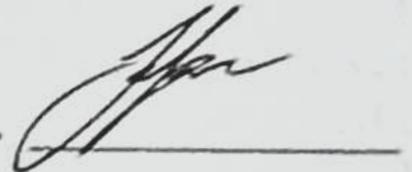
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

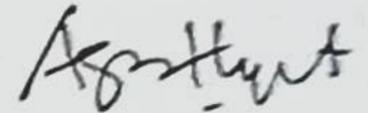
**Ketua : Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**



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



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



**Dekan Fakultas Pertanian**



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

**NIP 19611020 198603 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Agustus 2021**

## PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah Annisa Bella Pratiwi NPM 1614071021 Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP.,M.Sc. 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 mempertanggung jawabkannya.

Bandar Lampung, Agustus 2021  
Yang membuat pernyataan



(Annisa Bella Pratiwi)

NPM. 1614071021

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro, Provinsi Lampung pada tanggal 26 April 1998 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Munari dan Ibu Komariyah, SE.

Penulis menempuh pendidikan di SD Taman Siswa Teluk Betung Utara dan lulus pada tahun 2010. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP N 25 Bandar Lampung pada tahun 2013 dan pendidikan menengah atas di SMA N 2 Bandar Lampung pada tahun 2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2016.

Penulis melaksanakan Praktik Umum di Balai Pelatihan Pertanian Lampung di Kec. Natar Provinsi Lampung dengan judul “ Mempelajari Proses Pascapanen Kopi di Balai Pelatihan Pertanian Lampung, Kec. Natar-Lampung Selatan” selama 30 hari yang di mulai pada tanggal 1 Juli 2019 sampai dengan tanggal 8 Agustus 2019. Penulis juga melaksanakan Kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 tahun 2020 di Kecamatan Gedung Ram Kabupaten Mesuji selama 40 hari pada tahun 2020.

## ***PERSEMBAHAN***

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Kupersembahkan karya ini kepada:

Bapak dan ibu tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat dan terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan skripsi ini kepada bapak (Munari) dan ibu (Komariyah) yang telah memberikan dukungan, ridho, dan kasih sayang tiada terhingga...

Adik-adikku dan seluruh keluargaku

Terima kasih ku ucapkan kepada adik-adikku (Natasya & Balis) dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Semoga selalu dilancarkan segala setiap urusan.

Serta

Teman-temanku

Keluarga besar Teknik Pertanian Universitas Lampung 2016  
Adhirajasa Gadjahsora

## SANWACANA

Segala puji dan syukur dihanturkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena anugerah yang diberikan kepada kita sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang kami beri judul **“PERBANDINGAN PROSES TOREFAKSI PELET MENGGUNAKAN PEMANAS KOMPOR DAN PEMANAS *HEATER* DARI BAHAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Pertanian. Penulis menyadari banyaknya kekurangan dan hambatan dan atas bantuan, motivasi, dukungan dan bimbingan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam – dalamnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, MSi., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
3. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc., selaku pembimbing satu dan pembimbing akademik yang telah memberikan pengarah dan bimbingan dalam penelitian ini.
4. Bapak Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc., selaku pembimbing dua yang telah memberika masukan, nasihat dan saran dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembahas yang telah memberikan masukan dan bimbingan.
6. Seluruh dosen jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan kritik dan saran selama penyusunan skripsi.

7. Bapak, ibu, adik-adik dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa.
8. Najibullah Fitrah insani, SH terima kasih telah memberikan dukungan, doa, dan meluangkan waktu nya untuk membantu menyelesaikan skripsi.
9. Keluarga besar Teknik Pertanian 2016

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 12 Agustus 2021

Penulis

**Annisa Bella Pratiwi**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Kelapa Sawit .....	4
2.2. Biomassa .....	6
2.3. Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	8
2.4. Torefaksi.....	9
2.5. <i>Colorimeter</i> .....	11
2.6. Sensor Suhu.....	12
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>16</b>
3.1. Waktu dan Tempat.....	16
3.2. Alat dan Bahan.....	16
3.3. Rancangan Percobaan .....	18
3.4. Analisis Anova.....	19
3.5. Alur Penelitian .....	20
3.6. Prosedur Penelitian .....	22

3.6.1.	Persiapan Alat dan Bahan .....	22
3.6.2.	Proses Pelaksanaan Torefaksi .....	22
3.7.	Sifat Fisik .....	23
3.7.1.	Uji Banting .....	23
3.7.2.	<i>Hidrophobicity</i> .....	23
3.7.3.	<i>Bulk Density</i> .....	24
3.7.4.	<i>Massa Density</i> .....	24
3.7.5.	Uji Warna .....	25
3.7.6.	Ukuran Pelet .....	25
3.8.	Prapenelitian .....	26
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1.	Proses Torefaksi Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	29
4.2.	Proses Torefaksi Menggunakan Pemanas Kompor Gas .....	30
4.3.	Proses Torefaksi Menggunakan Pemanas <i>Heater</i> .....	31
4.4.	Uji Banting .....	32
4.5.	<i>Bulk Density</i> .....	35
4.6.	<i>Massa Density</i> .....	38
4.7.	Uji Warna .....	41
4.8.	Ukuran Pelet .....	45
4.9.	<i>Hidrophobicity</i> .....	47
4.10.	Analisis Rendemen .....	50
4.11.	Kadar Air .....	52
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>54</b>
5.1.	Kesimpulan .....	54
5.2.	Saran .....	56
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
	<i>Teks</i>	
1.	Sebaran produk terbesar kelapa sawit di beberapa provinsi .....	4
2.	Rujukan penelitian .....	13
3.	Kombinasi perlakuan percobaan dengan pemanas kompor .....	19
4.	Kombinasi perlakuan percobaan dengan pemanas <i>heater</i> .....	20
5.	Hasil uji banting pelet menggunakan pemanas kompor .....	33
6.	Analisis sidik ragam uji banting pelet menggunakan pemanas kompor .....	33
7.	Uji lanjut suhu pelet terhadap uji banting .....	33
8.	Hasil uji banting pelet menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	34
9.	Analisis sidik ragam uji banting pelet menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	35
10.	Hasil <i>bulk density</i> terhadap torefaksi pelet menggunakan pemanas kompor .....	36
11.	Analisis sidik ragam <i>bulk density</i> pelet menggunakan pemanas kompor .....	37
12.	Hasil <i>bulk density</i> terhadap torefaksi pelet menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	37
13.	Analisis sidik ragam <i>bulk density</i> pelet menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	38
14.	Hasil <i>massa density</i> torefaksi pelet menggunakan pemanas kompor .....	39
15.	Analisis sidik ragam <i>massa density</i> pelet menggunakan pemanas kompor .....	40
16.	Hasil <i>massa density</i> torefaksi pelet menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	40
17.	Analisis sidik ragam <i>massa density</i> pelet dengan pemanas <i>heater</i> .....	41
18.	Analisis sidik ragam uji warna menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	43
19.	Uji lanjut suhu pelet terhadap uji warna .....	44
20.	Analisis sidik ragam uji warna menggunakan pemanas kompor .....	44
21.	Uji lanjut suhu pelet terhadap uji warna .....	44
22.	Hasil rata-rata dari ukuran pelet .....	47
23.	Hasil dari uji <i>hidrophobicity</i> dengan pemanas kompor .....	48

24. Hasil dari uji <i>hidrophobicity</i> dengan pemanas <i>heater</i> .....	49
25. Analisis sidik ragam uji rendemen menggunakan pemanas kompor .....	51
26. Analisis sidik ragam uji rendemen menggunakan pemanas <i>heater</i> .....	51
27. Uji lanjut suhu pelet terhadap rendemen .....	52
28. Analisis sidik ragam uji kadar air dengan pemanas kompor .....	53

### *Lampiran*

29. Uji anova <i>massa density</i> dengan pemanas kompor .....	61
30. Uji anova <i>massa density</i> dengan pemanas <i>heater</i> .....	61
31. Uji anova <i>bulk density</i> dengan pemanas kompor .....	61
32. Uji anova <i>bulk density</i> dengan pemanas <i>heater</i> .....	62
33. Data uji banting dengan pemanas kompor .....	62
34. Dara uji banting dengan pemanas <i>heater</i> .....	63
35. Data uji warna dengan pemanas <i>heater</i> .....	64
36. Data uji warna dengan pemanas kompor .....	65
37. Data uji ukuran pelet dengan pemanas <i>heater</i> .....	66
38. Data uji ukuran pelet dengan pemanas kompor .....	67
39. Data <i>bulk density</i> pelet dengan pemanas kompor.....	68
40. Data <i>bulk density</i> pelet dengan pemanas <i>heater</i> .....	69
41. Data <i>massa density</i> pelet dengan pemanas kompor .....	70
42. Data <i>massa density</i> pelet dengan pemanas <i>heater</i> .....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	5
2.	Ranting Pohon.....	7
3.	Potongan Kayu.....	7
4.	Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	9
5.	Proses Torefaksi.....	10
6.	Alat <i>Colorimeter</i> .....	12
7.	Alat Torefaksi menggunakan Pemanas <i>Heater</i> .....	17
8.	Alat Torefaksi menggunakan Pemanas Kompor.....	17
9.	Diagram Alir Penelitian.....	21
10.	Proses Torefaksi Pelet dengan Suhu 220°C.....	27
11.	Proses Torefaksi Pelet dengan Suhu 240°C.....	27
12.	Proses Torefaksi Pelet dengan Suhu 260°C.....	28
13.	Proses Terbakar pada Suhu 280°C dengan Jelas.....	28
14.	Pelet Sebelum Proses Torefaksi.....	29
15.	Kondisi Api saat Proses Torefaksi menggunakan Pemanas Kompor.....	30
16.	Pelet Setelah Proses Torefaksi dengan Pemanas Kompor.....	30
17.	Proses Torefaksi dengan menggunakan Pemanas <i>Heater</i> .....	31
18.	Proses Setelah Torefaksi dengan Pemanas <i>Heater</i> .....	32
19.	Sampel Pelet Sebelum dan Sesudah Proses Uji Banting dengan menggunakan Pemanas Kompor.....	33
20.	Sampel Pelet Sebelum dan Sesudah Proses Uji Banting dengan menggunakan Pemanas <i>Heater</i> .....	34
21.	Proses Menimbang Berat Pelet untuk menghitung <i>Bulk Density</i> .....	36
22.	Proses Menimbang Berat Air untuk menghitung <i>Bulk Density</i> .....	36
23.	Proses Pengukuran Berat Pelet untuk menghitung <i>Massa Density</i> .....	39
24.	Proses Pengukuran Lebar Pelet untuk menghitung <i>Massa Density</i> .....	39

25. Proses Pengecekan Uji Warna .....	42
26. Hasil Uji Warna menggunakan Pemanas <i>Heater</i> .....	42
27. Hasil Uji Warna menggunakan Pemanas kompor .....	43
28. Proses Pengukuran Diameter dan Lebar Pelet .....	45
29. Hasil pengukuran Diameter Pelet di Panaskan menggunakan <i>Heater</i> .....	46
30. Hasil pengukuran Diameter Pelet di Panaskan menggunakan Kompor .....	46
31. Hasil Perhitungan Rendemen dengan Pemanas Kompor .....	50
32. Hasil Perhitungan Rendemen dengan Pemanas <i>Heater</i> .....	51
33. Hasil Pengukuran Kadar Air menggunakan Pemanas Kompor .....	53

### *Lampiran*

34. Pelet yang belum mengalami Proses Torefaksi .....	72
35. Serpihan Hasil Torefaksi menggunakan Pemanas Kompor .....	72
36. Proses mencari Massa Pelet untuk mengukur <i>Bulk Density</i> .....	73
37. Proses Pengukuran Diameter dan Lebar Pelet .....	73

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan kebutuhan energi di dunia yang semakin hari semakin meningkat diikuti dengan terbatasnya cadangan energi fosil serta kepedulian terhadap kelestarian lingkungan hidup disekitarnya membuat perhatian terhadap energi terbarukan semakin meningkat. Sektor pertanian pada era ini mulai dikembangkan juga sebagai sumber energi terbarukan. Komoditas yang ada disektor pertanian hampir seluruhnya dapat menghasilkan biomassa sebagai sumber bahan yang dapat diubah menjadi energi terbarukan. Biomassa adalah semua bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan atau hewan, produk dan limbah budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan perikanan) yang dapat diproses menjadi bioenergi (Reksowardojo, 1999). Pemanfaatan biomassa sebagai salah satu bahan bakar pembangkit tenaga listrik merupakan salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi yang berdampak luas terhadap perekonomian masyarakat. Ketergantungan terhadap energi pada bahan bakar minyak harus segera dicarikan solusi meningkat jumlah cadangan minyak dunia yang semakin menipis.

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) terbesar di dunia. Luas lahan perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 13 juta hektar pada tahun 2016. Kelapa sawit sendiri menghasilkan beberapa produk utama yang terdiri dari minyak sawit mentah (*crude palm oil*) dan minyak inti sawit (*palm kernel oil*). Hasil dari minyak-minyak tersebut biasanya diolah menjadi makanan, kosmetik, sabun, pelumas, bahan bakar nabati, dan produk farmasi. Perkembangan kelapa sawit di Indonesia yang sangat cepat salah satunya disebabkan oleh produktivitas kelapa sawit yang cukup tinggi dibandingkan

dengan tanaman lain dalam menghasilkan minyak nabati. Contohnya pada 1 hektar kelapa sawit dapat menghasilkan 7,7 – 9,1 ton minyak kasar sawit, sedangkan dengan luasan yang sama untuk *rapeseed* hanya menghasilkan 1 ton minyak (Dirjen Perkebunan, 2017).

Produksi kelapa sawit yang menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit menyebabkan dampak bagi lingkungan hidup. Suatu cara untuk kelestarian lingkungan maka diperlukan daur ulang limbah dari TKKS menjadi biomassa. Proses konversi *biomass energy* menjadi listrik dapat menggunakan teknologi yang modern. Seperti contoh, pada proses torefaksi dengan pemanas kompor atau pemanas *heater* yang menggunakan bahan dasar dari tandan kosong kelapa sawit yang di ubah menjadi pelet.

Berdasarkan pengertian diatas bahwa dengan mengolah limbah TKKS menjadi biomassa adalah solusi yang terbaik untuk kelestarian lingkungan. Pemanfaatan biomassa juga sebagai salah satu bahan bakar pembangkit tenaga listrik merupakan solusi untuk mengatasi krisis energi yang berdampak luas terhadap perekonomian masyarakat. Pada penelitian ini kita dapat ,memanfaatkan limbah TKKS untuk dirubah menjadi pelet dan akan menghasilkan suatu biomassa dengan proses torefaksi menggunakan pemanas kompor gas dan pemanas *heater*.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Pengeringan merupakan proses penanganan pasca panen yang dapat diterapkan pada produk hasil pertanian seperti pelet yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit. Tujuan pengeringan pelet dilakukan yaitu untuk mengetahui pada suhu berapakah kadar air bahan akan menurun dengan menggunakan sistem kendali suhu pada proses torefaksi pelet pemanas *heater* dan pemanas kompor. Hal lainnya yaitu melakukan perbandingan antara pemanas kompor dengan pemanas *heater* agar dapat mengetahui pemanas manakah yang lebih tepat. Bagaimana cara untuk mendapatkan karakteristik kerja melalui uji kinerja alat pada alat torefaksi

pelet menggunakan pemanas *heater* dan kompor dari bahan tandan kosong kelapa sawit?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan suhu untuk tingkat kematangan pelet berbahan dasartandan kosong kelapa sawit (TKKS) menggunakan pemanas kompor dan pemanas *heater*.
2. Menganalisis perbandingan antara pemanas kompor dan pemanas *heater*, agar dapat mengetahui pemanas manakah yang lebih baik.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh informasi kelebihan dan kekurangan alat torefaksi pelet dari bahan tandan kosong kelapa sawit.
2. Untuk menambah informasi mengenai bagaimana cara memperoleh karakteristik kerja alat torefaksi.
3. Untuk menambah informasi penggunaan alat torefaksi pelet dari bahan tandan kosong kelapa sawit.

### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan dari penelitian ini adalah pengukuran hanya dilakukan pada suhu 220°C, 240°C, dan 260 °C dengan masing – masing waktu 15 menit, 25 menit, dan 35 menit. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kelapa Sawit

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) terbesar di dunia dengan luas lahan mencapai 14,03 juta hektar pada tahun 2017. Produk utama yang dihasilkan dari kelapa sawit adalah minyak sawit mentah (*crude palm oil*) dan minyak inti sawit (*palm kernel oil*). Minyak kasar sawit dan minyak inti sawit banyak digunakan sebagai bahan baku industri yaitu industri makanan, kosmetik, sabun, pelumas, bahan bakar nabati dan produk farmasi (Irvan dkk, 2017).

Produksi minyak kasar sawit di Indonesia pada tahun 2013 mencapai hingga 26 juta tondan berkembang pesat sebesar 40% dari tahun 2007 dengan produksi sebesar 16 juta ton. Perkembangan sawit yang sangat cepat di Indonesia salah satunya disebabkan oleh produktivitas sawit yang cukup tinggi dibandingkan tanaman lain penghasil minyak nabati (Dirjen Perkebunan, 2017). Hasil produksi sawit di beberapa provinsi di tunjukan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran produk terbesar kelapa sawit beberapa provinsi di Indonesia

Provinsi	Produksi Tanaman Perkebunan (Ribuan Ton)			
	2012	2013	2014	2015
Sumatera Utara	3975,43	4549,2	4870,2	5193,1
Riau	6384,54	6647	6993,2	8059,8
Jambi	1718,29	1749,62	1773,7	1794,9
Sumatera Selatan	2492,9	2690,62	2791,8	2821,9
Kalimantan Timur	1298,14	1349,78	1407,3	1586,6

Sumber : Dirjen Perkebunan 2017

Klasifikasi tanaman sawit:

Divisi : *Embryophyta Siphonagama*  
Kelas : *Angiospermae*  
Ordo : *Monocotyledonae*  
Famili : *Arecaceae*  
Subfamili : *Cocoideae*  
Genus : *Elaeis*  
Spesies : *E. Guineensis*

Salah satu hasil dari proses produksi minyak sawit mentah di pabrik kelapa sawit (PKS) adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Totalnya mencapai 21-23% dari berat total tandan buah segar (TBS). TKKS dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam hal diantaranya sebagai mulsa, bahan baku kompos, dan bahan baku pakan ternak. Penggunaan sebagai mulsa memerlukan kehati-hatian yang sangat tinggi dan di perlukan perlakuan yang tepat, karena jika tidak dengan tepat akan menjadi hama dan penyakit yang sangat merugikan. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) jika digunakan untuk pengomposan memerlukan lahan yang luas, peralatan berat, waktu yang lama, dan tenaga kerja yang jumlahnya banyak. Kelemahan lain yaitu kandungan hara kompos yang dihasilkan relatif rendah. Oleh sebab itu perlu pengembangan proses konversi TKKS menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi dan ramah lingkungan serta bermanfaat bagi pemecahan permasalahan limbah dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).



Gambar 1. Tandan Kosong Kepala Sawit (TKKS)  
(Sumber : Jurusan Teknik Pertanian)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) hingga saat ini masih berupa limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal (Gambar 1).TKKS seringdibuang diareal perkebunan atau pabrik. Apabila limbah ini dibakar dapat menimbulkan asap yang berdampak buruk pada lingkungan. Beberapa penelitian telah mencoba menggunakan (TKKS) untuk diolah dan memberikan nilai tambah ekonomi dari kelapa sawit. Salah satunya pemanfaatan (TKKS) sebagai biomassa (Hermawan dkk, 2010).

## **2.2. Biomassa**

Energi biomassa telah ada sejak lama sebelum orang berbicara tentang energi terbarukan atau sumber energi alternatif. Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Contoh dari berbagai macam biomassa anara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Umumnya biomassa digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya. Pada era ini biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Jenis biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan hasil limbah setelah diambil produk primernya (Wahyudi, 2009).

Di Indonesia, kayu merupakan biomassa yang sudah lama dikenal oleh masyarakat dan merupakan sumber energi terbarukan (Gambar 3). Menurut Maharjoeno (2005) potensi pada biomassa yang bersumber dari bahan dasar kayu antara lain limbah penggergajian kayu, limbah *plywood*, dan limbah *logging*(Gambar 2). Selain ketersediaannya cukup banyak di Indonesia biomassa kayu juga cenderung tidak menyebabkan dampak negatif pada lingkungan sekitar (Alkarami, 2007).



Gambar 2. Ranting Pohon



Gambar 3. Potongan Kayu

Sumber energi biomassa mempunyai kelebihan yaitu sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Secara umum bahan baku biomassa dibedakan menjadi dua jenis utama yaitu pohon berkayu (*woody*) dan rumput-rumputan (*herbaceous*). Saat ini material berkayu diperkirakan 50% dari total potensial bioenergi sedangkan 20% lainnya adalah jerami yang diperoleh dari hasil sampingan pertanian (Rohman, 2009).

Sebagai salah satu bahan bakar, biomassa perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar dapat lebih mudah digunakan yang dikenal dengan konversi biomassa. Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk menghasilkan bahan bakar yang dihasilkan. Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pembakaran langsung, konversi termokimia, dan konversi biokimia. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa dapat langsung dibakar (Sulaiman, 2009).

Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan konversi termokimia. Proses ini merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Konversi biokimia merupakan teknologi konversi yang memerlukan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar (Heriansyah, 2005).

### **2.3. Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)**

Pelet tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu bentuk dari energi biomassa. Pertama kali biomassa pelet diproduksi di Swedia sekitar tahun 1980an. Di Swedia pelet biomassa digunakan sebagai pemanas ruangan. Pelet tersebut dibuat dari serbuk kayu. Pada masa sekarang bahan baku pembuatan pelet biomassa dapat menggunakan bahan-bahan yang lainnya. Di Swedia sendiri pelet memiliki ukuran diameter 6-12 mm serta panjang 10-20 mm (Gambar 4).

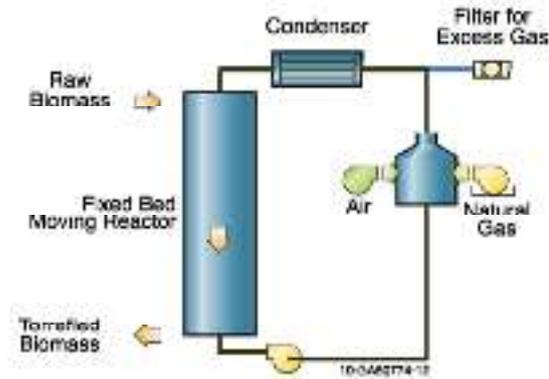


Gambar 4. Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)  
(republika.co.id)

#### 2.4. Torefaksi

Torefaksi merupakan salah satu metode efektif yang bisa digunakan pada pengolahan biomassa menjadi bahan bakar padat. Pada proses torefaksi, biomassa dipanaskan secara perlahan dalam keadaan tanpa oksigen dengan rentang suhu serta waktu tertentu. Ketika proses torefaksi berlangsung komponen hemiselulosa akan terdegradasi dan zat-zat volatil terlepas dari biomassa. Torefaksi merupakan proses perlakuan panas pada temperature 200-300°C dan tekanan atmosfer tanpa kehadiran oksigen yang diterapkan pada material homogen berupa biomassa (Basu, 2013).

Pada saat temperatur akhir torefaksi meningkat menyebabkan gas volatil yang dihasilkan bertambah dari hasil dekomposisi hemiselulosa, lignin, dan selulosa. Hemiselulosa akan terdekomposisi terlebih dahulu dan dilanjutkan dengan dekomposisi lignin dan selulosa (Gambar 5). Penggunaan proses torefaksi membuat kandungan karbon tetap akan meningkat dan kandungan zat-zat volatil akan menurun sehingga kualitas biomassa akan meningkat (Chen dan Kuo, 2011).



Gambar 5. Proses Torefaksi

Sumber : docplayer.info

Torefaksi dapat dilakukan pada berbagai macam biomassa seperti jerami, kayu, dan bambu. Kualitas produk torefaksi sangat ditentukan oleh karakteristik biomassa, temperatur, dan lama proses torefaksi. Semakin lama proses dari torefaksi dapat menyebabkan komponen-komponen energi hilang sehingga kandungan energinya akan menurun atau menghilang (Irawan dkk, 2014).

Penelitian torefaksi pada biomassa kelapa sawit telah dilakukan dengan kulit buah kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit, dan kulit keras yang membungkus kelapa sawit (*kernel shell*). Pada penelitian tersebut menghasilkan energi paling besar dihasilkan oleh tandan kosong kelapa sawit sekitar 96% dan kulit keras yang membungkus biji kelapa sawit (*kernel shell*) 100%, sedangkan pada kulit kelapa sawit menghasilkan energi sebesar 56%. Keberadaan oksigen berpengaruh terhadap kenaikan temperatur tetapi massa dan energi menghasilkan penurunan dengan menaikkan konsentrasi oksigen. Pada temperatur tinggi maka dekomposisi hemiselulosa lebih cepat terjadi sehingga massa dari komponen-komponen mudah terbakar yang terdapat di kelapa sawit ikut terbawa dalam proses torefaksi temperatur tinggi (Chen, 2011).

Hasil dari penelitian tersebut torefaksi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada temperatur 200°C dan 225°C tidak terjadi degradasi dari hemiselulosa. Pada temperatur 250°C terjadi penurunan berat mencapai 19,5% dari berat sampel. Penurunan berat dari degradasi hemiselulosa pada suhu 275°C sekitar 52,5%.

Untuk suhu 300°C hanya terjadi penurunan sebesar 16,8%. Penelitian tentang torefaksi untuk biomassa berserat seperti TKKS menunjukkan bahwa keberadaan oksigen akan mengurangi perolehan produk yang dihasilkan akibat cepatnya proses oksidasi terhadap komponen-komponen mudah terbakar yang terdapat pada biomassa (Lu dkk, 2012).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Indah (2016), yang membahas proses torefaksi dengan variasi temperatur 200 °C, 250 °C, dan 300 °C dalam waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit untuk menghasilkan kenaikan nilai kalor yang paling tinggi. Analisis yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik pengaruh torefaksi yaitu pengujian analisis proksimat nilai kalor dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil yang didapat yaitu pada proses torefaksi nilai kalor tertinggi terdapat pada kondisi temperatur 300 °C dalam waktu 60 menit sebesar 6287,3022 kal/gr sedangkan yang terendah pada kondisi temperatur 200 °C dalam waktu 15 menit sebesar 5349,8800 kal/gr.

## **2.5. Colorimeter**

*Colorimeter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya sensitif sebuah benda terhadap cahaya yang menyerapnya (Gambar 6). Daya sensitif yang diukur pada alat ini adalah warnanya. Cara kerja alat ini adalah menunjukkan kualitas warna berdasarkan warna-warna tertentu yang diserap oleh sebuah benda (Pelczar, 1996).

Ketika benda tersebut dilewati oleh cahaya benda tersebut akan menyerap cahaya dan hasilnya adalah cahaya lewat yang diserap. Hukum *Beer-Lambert* membuktikan bahwa penyerapan cahaya yang ditembakkan ke benda berbanding lurus dengan konsentrasi benda. Tampilan alat ini ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Alat *Colorimeter*

Cara kerja dari *colorimeter* adalah dengan melewatkan panjang gelombang tertentu dari cahaya menjadi sebuah solusi, selanjutnya alat akan mengukur cahaya yang lewat melalui bagian yang lainnya. Berbagai contoh solusi yang mana pada konsentrasi diketahui pertama kali diuji akan menjadi konsentrasi sampel yang tidak diketahui.

## 2.6. Sensor Suhu

Sistem pengaturan atau pengontrolan saat ini sangat diperlukan dan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti remote (televisi, AC, dan CD), pendeteksi warna, jam digital, sistem pengaman, pengendali suhu atau temperatur dan lainnya. Sebuah sistem pengaturan atau pengontrol selalu memerlukan alat untuk mengatur sistem tersebut seperti *microcontroller*.

*Microcontroller* merupakan suatu rangkaian IC yang dapat diprogram dan disesuaikan dengan rangkaian sistem elektronik yang diinginkan. Untuk itu dalam penulisan ini sensor suhu LM35 berbasis Microcontroller Atmega 8535 dimanfaatkan untuk mengontrol temperatur pada kematangan pelet dari bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Tabel 2. Rujukan Penelitian

No	Rujukan	Metode	Hasil
1	Indah, 2016	Pengujian analisis proksimat, nilai kalor <i>SEM</i> ( <i>ScanningElectronMicroscope</i> ) menggunakan proses torefaksi dan non torefaksi	Hasil nya adalah temperatur 300°C dalam waktu 60 menit sebesar 6287,3022 kal/g. Suhuterendah pada kondisi temperatur 200°C dalam waktu 15 menit sebesar 5349,8800 kal/g, sedangkan briket buah karet tanpa torefaksi hanya sebesar 5205,9554 kal/g.
2	Komang, 2019	Proses torefaksi untuk meningkatkan nilai kalor cangkang sawit dengan Metode COMB	Keunggulan metode COMB adalah waktu prosesnya yang singkat yakni sebesar 5 menit, sedangkan metode batch memerlukan waktu 15-60 menit, sehingga kebutuhan energi untuk prosesnya lebih besar.
3	Suganal, 2019	Bahan bakar <i>co-firing</i> dari batubara dan biomassa tertorefaksi dalam bentuk briket (skala laboratorium)	Hasil dari proses ini bahwa 70% batubara, 25% batang singkong tertorefaksi. Tepung tepioka sebesar 5% sebagai bahan pengikat. Komposisi adonan briket ideal ditinjau dari nilai kalor dan kadar abu sebagai bahan baku untuk pembangkitan energi termal.
4	Eidha, 2012	Penentuan sifat fisik mekanik papan serat kerapatan sedang dengan menggunakan perekat tanin urea formaldehida	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa semua parameter sifat fisik dan mekanik papan serat memnuhi standar JIS A 5905-2003.
5	Rahman, 2011	Uji keragaan biopelet dari biomassa limbah sekam padi ( <i>Oryza savita</i> sp.) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan	Torefaksi menyebabkan penurunan kandungan selulosa dan hemiselulosa, peningkatan kandunga lignin dan peningkatar

			nilai kalor antara 1,71-18,32% seiring dengan peningkatan suhu torefaksi
6	Muhammad, 2018	Pengaruh variasi temperatur pengolahan hidrothermal ampas kopi terhadap yield energi untuk bahan baku pembuatan biobriket	Perlakuan ampas kopi dicampur dengan aquades di dalam reaktor hidrotermal dengan variasi suhu 150°C hingga 225°C. Setelah hidrotermal ampas kopi mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap.
7	Anton, 2015	Proses torefaksi tandan kosong kelapa sawit untuk kandungan hemiselulosa dan uji kemampuan penyerapan air	Memperlihatkan bahwa temperatur torefaksi lebih tinggi serta waktu tahan torefaksi yang lama akan meningkatkan kandungan energi serta menurunkan kemampuan menyerap air tapi menghilangkan massa TKKS lebih banyak.
8	Muhammad, 2019	Bahan bakar dari tandan kosong kelapa sawit menggunakan proses torefaksi dengan variasi suhu dan waktu torefaksi	Efek kenaikan temperatur dan torefaksi memberikan waktu efek terhadap kualitas produk. Peningkatan suhu dan torefaksi waktu memberikan peningkatan pada nilai kalor, kadar abu, dan karbon tetap.
9	Monika, 2016	Torefaksi batang sawit : pengaruh kondisi proses terhadap nilai kalor produk torefaksi	Batang sawit dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk proses torefaksi. Suhu torefaksi, waktu torefaksi dan laju alir gas masing-masing memberikan pengaruh terhadap perubahan respon nilai kalor dan analisa proksimat berupa kadar air, kadar abu, kadar zat volatil dan kadar karbon terikat.

---

10	Tr Rubiyanti, 2019	Karakteristik pelet kayu karet ( <i>Hevea brasiliensis</i> ) hasil torefaksi dengan menggunakan reaktor <i>Counter-Flow Baffle</i> (COMB)	Torefaksi pelet kayu karet dilakukan dengan menggunakan reaktor <i>Counter-Flow Baffle</i> (COMB), suatu alat yang dapat melakukan torefaksi dengan waktu tinggal yang singkat (hingga 5 menit).
----	-----------------------	---	--

---

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2020 sampai dengan September 2020 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2. Alat dan Bahan

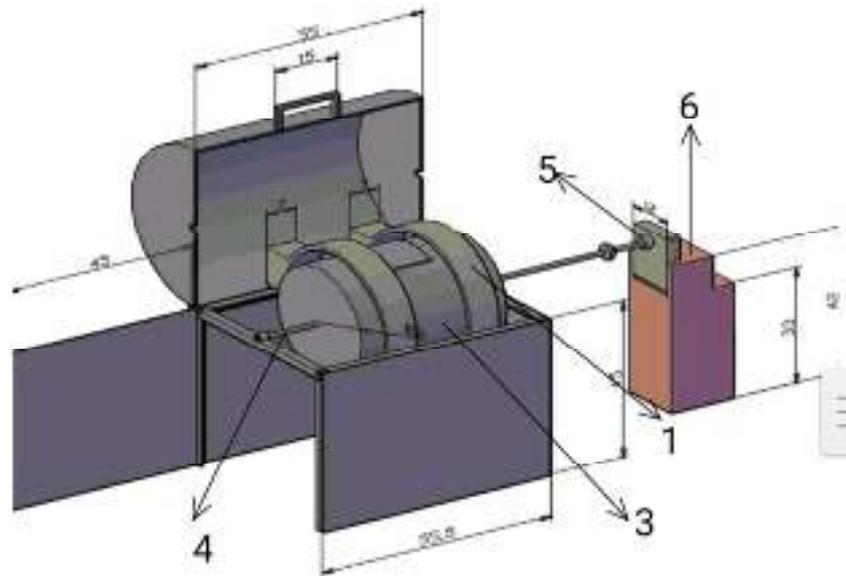
##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut :

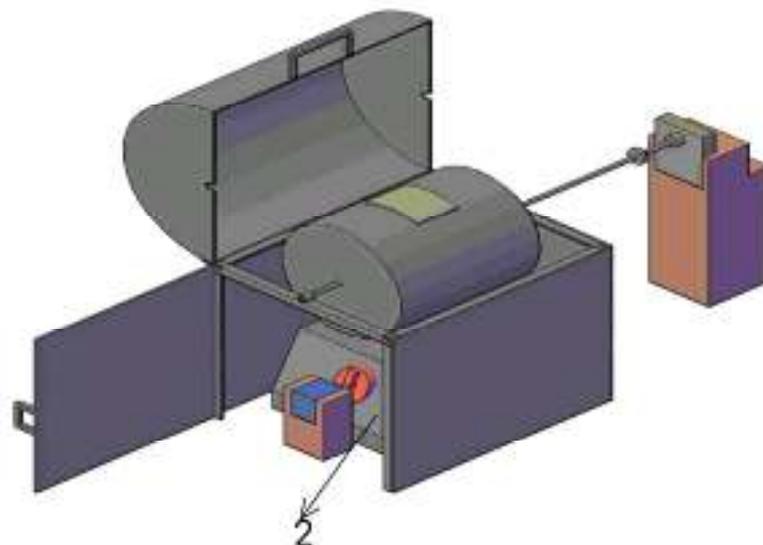
- a. Kompor gas, digunakan sebagai pemanas pada proses torefaksi menggunakan pemanas kompor.
- b. *Heater*, digunakan sebagai pemanas pada proses torefaksi menggunakan pemanas *heater*.
- c. Gelas ukur, digunakan sebagai wadah untuk mengukur berat pelet.
- d. Timbangan, digunakan untuk menghitung berat pelet.
- e. Stopwatch, digunakan untuk menghitung waktu yang terpakai.
- f. *Colorimeter*, digunakan untuk mengukur cahaya yang ada pada pelet.
- g. Thermometer, digunakan sebagai pengukur suhu.
- h. Jangka sorong, digunakan untuk mengukur lebar pelet.
- i. Alat tulis, digunakan untuk mencatat hasil dari penelitian.

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu pelet yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pasir. Tampilan alat ditunjukkan oleh Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Alat Torefaksi menggunakan pemanas *Heater*



Gambar 8. Alat Torefaksi menggunakan pemanas Kompor

Keterangan Alat :

1. *Heater*
2. Kompor
3. Tabung Torefaksi
4. Penyangga Tabung Torefaksi
5. Dinamo
6. Penyangga Dinamo

### **3.3. Rancangan Percobaan**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor percobaan yaitu :

Faktor pertama (S) adalah suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) torefaksi pelet tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terdiri dari 3 taraf pada penggunaan pemanas kompor dan *heater* yaitu :

1.  $220^{\circ}\text{C}$ (S1)
2.  $240^{\circ}\text{C}$ (S2)
3.  $260^{\circ}\text{C}$ (S3)

Faktor Kedua (T) adalah waktu lama proses torefaksi pelet berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang terdiri dari 3 taraf pada penggunaan pemanas kompor dan *heater*, yaitu :

1. 15 Menit (T1)
2. 25 Menit (T2)
3. 35 Menit (T3)

Masing – masing faktor dan perlakuan mengalami pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga di dapat 54 sampel. Data yang diperoleh diolah dengan *software* SPSS dan *Microsoft Excel* serta ditampilkan dalam tabel.

### 3.4. Analisis Anova

Analisis Anova adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar kelompok atau jenis perlakuan. Hasil akhir dari analisis anova adalah nilai F test atau F hitung. F hitung ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai F tabel (Tabel 3). Jika nilai F hitung lebih dari F tabel maka dapat disimpulkan bahwa menerima H1 dan menolak H0 atau yang berarti ada perbedaan bermakna rerata pada semua kelompok (Tabel 4). Uji anova untuk melihat adanya suatu perbandingan nilai pada setiap perlakuan menggunakan hipotesis :

F tabel pada  $\alpha$  0,05 atau 0,01

H0 = Tidak terdapat perbedaan nyata pada perlakuan

H1 = Terdapat minimal satu perlakuan yang berbeda nyata

Tabel 3. Kombinasi Perlakuan Percobaan dengan Pemanas Kompor

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
S1T1	S1T1U1	S1T1U2	S1T1U3
S1T2	S1T2U1	S1T2U2	S1T2U3
S1T3	S1T3U1	S1T3U2	S1T3U3
S2T1	S2T1U1	S2T1U2	S2T1U3
S2T2	S2T2U1	S2T2U2	S2T2U3
S2T3	S2T3U1	S2T3U2	S2T3U3
S3T1	S3T1U1	S3T U2	S3T1U3
S3T2	S3T2U1	S3T2U2	S3T2U3
S3T3	S3T3U1	S3T3U2	S3T3U3

Tabel 4. Kombinasi Perlakuan Percobaan dengan Pemanas Listrik (*Heater*)

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
S1T1	S1T1U1	S1T1U2	S1T1U3
S1T2	S1T2U1	S1T2U2	S1T2U3
S1T3	S1T3U1	S1T3U2	S1T3U3
S2T1	S2T1U1	S2T1U2	S2T1U3
S2T2	S2T2U1	S2T2U2	S2T2U3
S2T3	S2T3U1	S2T3U2	S2T3U3
S3T1	S3T1U1	S3T U2	S3T1U3
S3T2	S3T2U1	S3T2U2	S3T2U3
S3T3	S3T3U1	S3T3U2	S3T3U3

Keterangan :

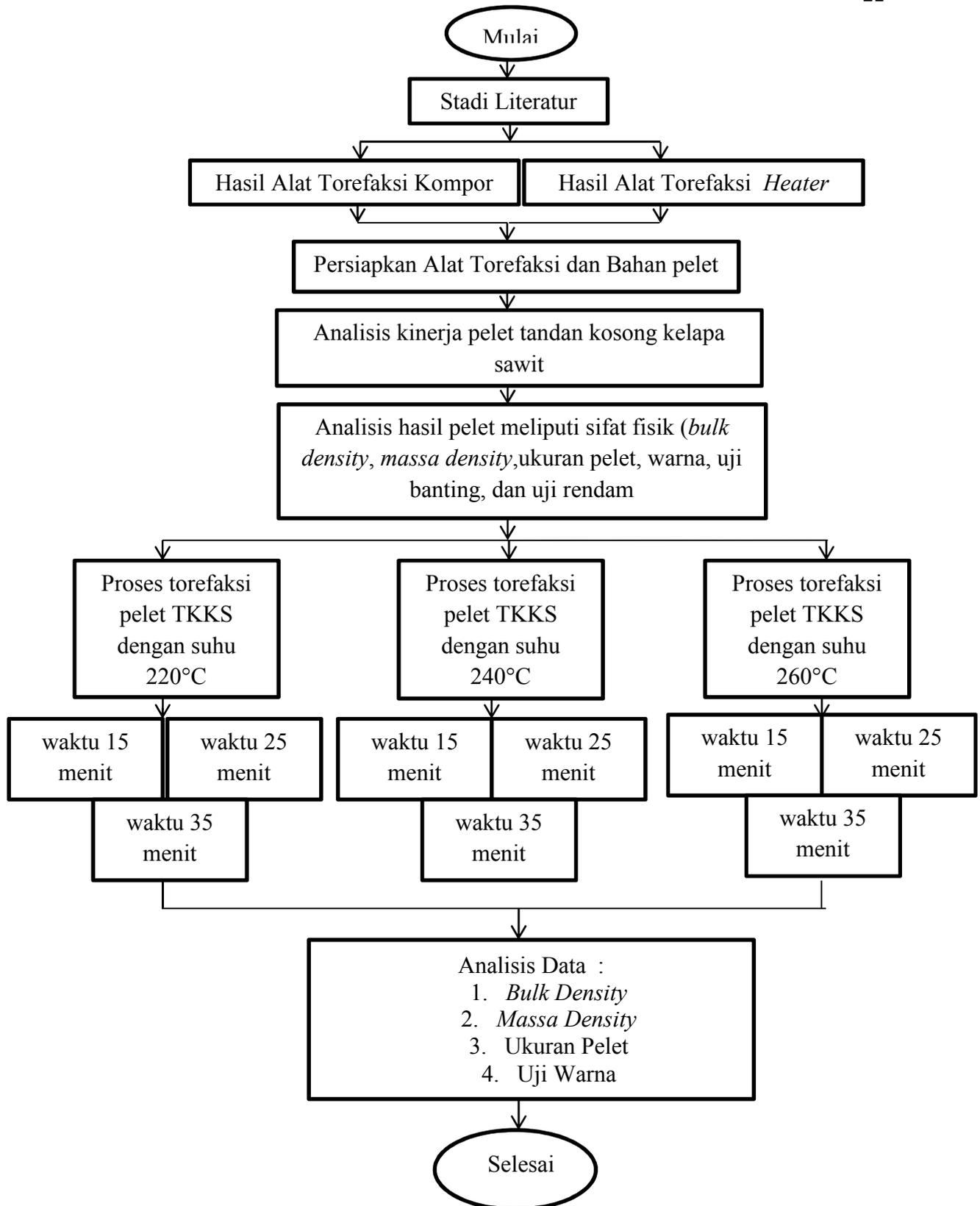
S1, S2, S3 = Faktor suhu sebanyak 3 kali

T1, T2, T3 = Faktor waktu sebanyak 3 kali

U1, U2, U3 = Ulangan sebanyak 3 kali

### 3.5. Alur Penelitian

Pelaksanaan penelitian perbandingan antara proses torefaksi pelet menggunakan pemanas kompor dan pemanas heater dari bahan bakar tandan kosong kelapa sawit ini dapat dilihat pada diagram yang menunjukkan langkah – langkah prosedur penelitian pada Gambar 9 sebagai berikut :



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

### **3.6 Prosedur Penelitian**

#### **3.6.1. Persiapan Alat dan Bahan**

Alat torefaksi yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil modifikasi alat penyangrai kopi yang terdiri atas kompor gas, tabung gas, tabung torefaksi, penyangga tabung torefaksi, dinamo, pemanas *heater*, penyangga dinamo, arduino, sensor suhu sebagai pengukur suhu secara otomatis. Kemudian pelet sebagai bahan dasar penelitian dipisahkan berdasarkan variasi suhu yaitu 220°C, 240°C, dan 260°C. Masing-masing pelet akan mengalami proses torefaksi dengan waktu yang sudah ditentukan yaitu 15 Menit, 25 Menit, dan 35 Menit.

#### **3.6.2. Proses Pelaksanaan Torefaksi**

Proses torefaksi dilakukan dengan memasukkan pelet ke dalam tabung torefaksi, kemudian di panaskan dengan suhu yang telah ditentukan berdasarkan penjelasan sebelumnya yaitu 220°C, 240°C, dan 260°C. Proses torefaksi dilakukan dengan waktu yang telah ditentukan yaitu 15 menit, 25 menit, dan 35menit. Setiap torefaksi dilakukan, maka perlu pengulangan perlakuan yang terdapat pada tabel kombinasi perlakuan percobaan (tabel 3 dan tabel 4). Percobaan yang dilakukan selama torefaksi sebanyak 27 kali dengan pemanas kompor dan sebanyak 27 kali dengan pemanas *heater*.

### **3.7. Sifat Fisik**

#### **3.7.1. Uji Banting**

Uji banting adalah pemberian gaya atau dorongan kepada pelet dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu pelet, dalam pengujian ini yang dilakukan adalah uji banting. Uji banting dilakukan dengan cara membanting pelet yang sudah mengalami proses torefaksi dengan berbagai suhu dan waktu. Pelet dibanting dengan ketinggian 150 cm dari permukaan tanah. Pada proses ini dapat melihat apakah pelet yang sudah mengalami proses torefaksi ini kuat atau tidak. Pertama timbang pelet yang sudah mengalami proses torefaksi, kemudian pelet tersebut di banting dari ketinggian 150 cm, lalu di timbang kembali pelet tersebut dan dapat mengetahui berapa banyak pelet yang hancur karena proses uji banting.

#### **3.7.2. *Hidrophobicity***

Pengukuran *hidrophobicity* pelet TKKS dapat dilakukan dengan merendam pelet ke dalam air. Tujuannya yaitu untuk melihat seberapa lama pelet dalam menyerap air. Waktu perendaman selama 24 jam. Selama waktu perendaman dapat dilihat perubahan bentuk fisik pelet yang terjadi akibat pengaruh perendaman air. Pengukuran *hidrophobicity* dilakukan untuk melihat ketahanan pelet dalam kondisi terendam air.

Proses pengukuran *hidrophobicity* dilakukan setelah proses torefaksi pelet selesai. Pelet yang sudah selesai melewati proses torefaksi di masukkan kedalam wadah yang sudah di isi oleh air dan akan didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam maka warna dari air rendaman itu ada berubah menjadi kecoklatan dan juga ada warna dari rendaman yang tidak berubah.

### 3.7.3. *Bulk Density*

*Bulk density* adalah berat partikel yang menempati suatu unit volume atau satuan volume tertentu yang berguna untuk menghitung (Gilang et., 2013). *Bulk density* yang semakin tinggi dalam meningkatkan kemudahan penanganan, penyimpanan, dan transportasi biopellet (Kaliyan & Morey, 2009). *Bulk density* diukur dengan cara memasukkan pellet ke dalam sebuah wadah, kemudian berat pellet yang di dalam wadah tersebut ditimbang beratnya. Persamaan yang digunakan untuk *bulk density* ditunjukkan oleh persamaan 1.

$$\text{Bulk density} (gr/cm^3) = \frac{\text{berat pellet (gr)}}{\text{volume wadah (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots(1)$$

Perlakuan *bulk density* yang dilakukan pada pellet yang sudah ditorefaksi. Langkahnya yaitu dengan mengambil sebanyak segenggam pellet, kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur, lalu timbang dan diberi tanda pada gelas ukur. Setelah diberi tanda pellet dikeluarkan dan gelas ukur tersebut diisi air sebanyak garis yang sudah ditandai tersebut. Selanjutnya air ditimbang untuk mengetahui berat air.

### 3.7.4. *Massa Density*

*Massa density* adalah massa suatu partikel yang menempati unit suatu volume tertentu (Wirakartakusumah et al., 1992). Rumus dari *massa density* (USSDA, 1999) adalah :

$$\text{Massa density} (gr/cm^3) = \frac{\text{berat pellet (gr)}}{\text{volume pellet (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots(2)$$

Proses yang dilakukan pada *massa density* ini berbeda dengan proses *bulk density*, yaitu pellet yang sudah mengalami proses torefaksi di ambil 1 pellet lalu ditimbang berat pellet tersebut. selanjutnya dilakukan pengukuran lebar dan diameter pellet tersebut lalu dihitung berapa *massa density* yang diperoleh.

### 3.7.5. Uji Warna

Pengujian warna dengan menggunakan *colorimeter* ini sensitif terhadap setiap cahaya yang diukur dan sebageian besar warna yang diserap oleh suatu benda atau zat. Cara kerja alat ini dalam menentukan warna berdasarkan komponen warna biru, merah, serta hijau dari cahaya yang terserap oleh objek atau sampel.

Pengukuran menggunakan kolorimetri ditetapkan oleh Komisi Internationale de l'Eclairage (CIE),  $L^*$   $a^*$   $b^*$  *color space* dimodelkan setelah teori warna lawan yang menyatakan bahwa dua warna tidak bisa merah dan hijau pada waktu yang sama atau kuning dan biru pada saat yang sama waktu nya.  $L^*$  menunjukkan gelap atau terang,  $a^*$  adalah merah atau hijau koordinasi, dan  $b^*$  adalah mengkoordinasikan kuning atau biru. Delta untuk  $L^*$  ( $\Delta L^*$ ),  $a^*$  ( $\Delta a^*$ ) dan  $b^*$  ( $\Delta b^*$ ) bisa positif (+) atau negatif (-). Total dari Delta E ( $\Delta E^*$ ) selalu positif.

$\Delta L^*$  ( $L^*$  sampel dikurangi  $L^*$  standar) = + (lebih terang) dan – (gelap)

$\Delta a^*$  ( $a^*$  sampel dikurangi  $a^*$  standar) = + (merah) dan – (hijau)

$\Delta b^*$  ( $b^*$  sampel dikurangi  $b^*$  standar) = + (kuning) dan – (biru)

$\Delta E^*$  = Total Perbedaan warna

Pengukuran menghasilkan nilai L, a dan b. L menyatakan parameter kecerahan (warna akromatis, 0: hitam sampai 100: putih). Warna kromatik campuran merah hijau ditunjukkan oleh nilai a ( $a^+ = 0-100$ ) untuk warna merah,  $a^- = 0-(-80)$  untuk warna hijau. Warna kromatik campuran biru kuning ditunjukkan oleh nilai b ( $b^+ = 0-70$ ) untuk warna kuning,  $b^- = 0-(-70)$  untuk warna biru (Purwani, 2006).

### 3.7.6. Ukuran Pelet

Konsep ukuran umumnya merujuk pada pengertian seperti panjang, luas, dan volume. Ukuran berbeda dengan pengukuran, ukuran itu hasil dari pengukuran, pengukuran itu kegiatan untuk mendapatkan ukuran objek. Cara pengambilan data pertama menyiapkan pelet yang di ukur dan juga siapkan jangka sorong yang dipakai. Selanjutnya mengukur diameter dan lebar dari semua sampel. Hasil

pengukuran diameter dan lebar dari masing-masing pelet yang sudah mengalami proses torefaksi.

### 3.8. Pengujian Prapenelitian

Pada prapenelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2020 bertempat di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pertama kita siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam prapenelitian ini. Alat yang digunakan yaitu, tabung torefaksi, dinamo, dan *thermometer*. Sedangkan bahan yang digunakan pelet dan pasir.

Prapenelitian ini dilakukan untuk pengujian tabung torefaksi terhadap dinamo dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Setelah hasil dari pengujian tabung torefaksi dapat berfungsi dengan baik maka bisa dilakukan proses torefaksi terhadap pelet dari bahan tandan kosong kelapa sawit. Suhu yang digunakan pada proses torefaksi ini yaitu 240°C, 260°C, dan 280°C dengan waktu 15 menit, 25 menit, dan 35 menit.

Pada alat torefaksi ini, tabung torefaksi mempunyai sebuah diameter sebesar 15 cm, dengan tinggi 27 cm. Maka dapat di dapat kan jumlah volume tabung sebesar  $4.768,875 \text{ cm}^3$

Selama proses prapenelitian ini suhu 240°C dan 260°C tidak memiliki kendala dalam proses torefaksi dengan pemanas kompor dan pemanas *heater*. Sedangkan pada suhu 280°C mengalami kendala yaitu pelet yang terdapat didalam tabung torefaksi terbakar. Suhu 280°C pada Gambar 12 dan Gambar 13 tidak dapat di torefaksi dengan menggunakan pemanas *Heater* karena pada suhu tersebut pelet terbakar pada waktu 5 menit dari awal proses torefaksi. Maka dari itu suhu 280°C tidak dapat dipakai menjadi parameter dalam penelitian ini. Maka dari prapenelitian ini didapatkan suhu yang dipakai pada penelitian yaitu suhu 220°C, 240°C, dan 260°C dengan waktu 15 menit, 25 menit, dan 35 menit.



Gambar 10. Proses Torefaksi Pelet dengan Suhu 220°C



Gambar 11. Proses Torefaksi Pelet dengan Suhu 240 °C



Gambar 12. Pelet Terbakar pada Suhu 280°C



Gambar 13. Pelet Terbakar pada Suhu 280°C dengan jelas

## V. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Suhu terbaik pada proses torefaksi menggunakan pemanas kompor yaitu suhu  $240^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 25 menit, sedangkan proses torefaksi menggunakan pemanas *heater* yaitu suhu  $220^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 35 menit.
2. Proses pemanas yang lebih baik yaitu dengan pemanas *heater* dengan kriteria sebagai berikut :
  - a. Rata-rata uji banting pemanas kompor suhu  $240^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 25 menit sedangkan pemanas *heater*  $220^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 25 menit
  - b. Rata-rata *bulk density* pemanas kompor suhu  $260^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 15 menit menghasilkan nilai sebesar  $0,603\text{ gr/cm}^3$  sedangkan pemanas *heater* suhu  $220^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 25 menit dan nilai sebesar  $0,62\text{ gr/cm}^3$ .
  - c. Rata-rata *massa density* pemanas kompor suhu  $260^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 25 menit dan nilai sebesar  $21,4\text{ gr/cm}^3$  sedangkan pemanas *heater*  $240^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 35 menit yaitu  $17,5\text{ gr/cm}^3$ .
  - d. Rata-rata uji warna pemanas kompor hasil warna lebih terang sedangkan pemanas *heater* hasil warna lebih gelap.
  - e. Rata-rata ukuran pelet pemanas kompor nilai diameter  $0,664\text{ cm}$  sedangkan pemanas *heater* nilai diameter  $0,666\text{ cm}$
  - f. Rata-rata pengukuran *hidrophobicity* pemanas kompor hasil rendaman lebih gelap sedangkan pemanas *heater* hasil rendaman jauh lebih bening.

- g. Rata-rata pengukuran *hidrophobicity* pemanas kompor hasil rendaman lebih gelap sedangkan pemanas *heater* hasil rendaman jauh lebih bening.
- h. Hasil analisis rendemen dari proses torefaksi menggunakan pemanas *heater* yaitu 0,88 % lebih besar dari pada proses torefaksi menggunakan pemanas kompor yaitu 0,60 %
- i. Hasil kadar air rata – rata dengan suhu 240° C dan lama waktu torefaksi 15 menit menghasilkan nilai kadar air lebih tinggi dan nilai kadar air terendah di suhu 220° C dengan lama waktu torefaksi 35 menit.

## 5.2.Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat torefaksi ini belum sempurna untuk digunakan kembali, maka perlu di modifikasi kembali agar dapat digunakan dengan baik dan akan mendapatkan hasil dari torefaksi yang diinginkan.
2. Pada proses torefaksi menggunakan pemanas kompor masih kurang efektif dikarenakan api yang selalu tidak setabil, perlu dilakukan modifikasi dari kompor tersebut agar kondisi api bisa stabil dan menghasilkan pelet yang baik atau bagus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alkarami. 2007. *Biomassa Terbarukan*. Erlangga. Yogyakarta
- Anton, I. 2015. Proses Torefaksi Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Kandungan Hemiselulosa dan Uji Kemampuan Penyerapan Air. *Reaktor*, 15(3): 190-195.
- Basu, P. 2013. *Biomass Gasification: Practical Design and Theory*. Academic Press. <http://www.mylibrary.com?id=505599> 23 Februari 2020.
- Cervinka, V. 1980. Fuel and Energy Efficiency. In *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press.
- Chen, W.-H. & Kuo, P.-C. 2011. Torrefaction and co-torrefaction characterization of hemicellulose, cellulose and lignin as well as torrefaction of some basic constituents in biomass. *Energy*, 36(2): 803-811.
- Dirjen Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Kelapa Sawit. Kementerian Republik Indonesia.
- Eidha, S. 2012. Penentuan Sifat Fisik Mekanik Papan Serat Kerapatan Sedang dengan Menggunakan Perikat Tanin Urea Formaldehid. *JTRI*, 6(12): 54-66.
- Gilang, R., Affandi, R., D. & Ishartani, D. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Kora Pedang (*Canavalia ensiformis*) dengan Variasi Perlakuan Pendahuluan. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(3): 34-42.
- Heriansyah, I. 2005. *Potensi Pengembangan Energi dari Biomassa Hutan di Indonesia*. <http://io.ppi.jepang/article>.
- Indah, P. 2016. Pengujian Analisis Proksimat, Nilai Kalor SEM (*ScanningElectronMicroscope*) Menggunakan Proses Torefaksi dan Non Torefaksi. *JTPA*, 7(2): 63-66.
- Irawan, A., Setiani, F., & Ichan, P. W. 2014. Pengaruh Temperatur dan Waktu Tahan Proses Torefaksi Terhadap Kualitas Produk Torefaksi Kulit Durian. *Prosiding seminar integrasi proses*. ISSN 2088-6756.

- Irvan, Trisakti, B., Husaini, T., Sitio, A. and Sitorus, T.B., 2017, Performance evaluation on otto engine generator using gasoline and biogas from palm oil mill effluent, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 206, No. 012028.
- Kalihan, N. & Morey, V.R. 2009. Factors Affecting Strength and Durability of Densified Biomass Products, 33(3): 337-359.
- Komang, G. 2019. Proses Torefaksi untuk Meningkatkan Nilai Kalor Cangkang Sawit dengan Metode COMB. *Risalah fisika*, 3(2): 47-50.
- Lu, K.-M., Lee, W.-J., Chen, W.-H., Liu, S.-H. & Lin, T.-C. 2012. Torrefaction and low temperature carbonization of oil palm fiber and eucalyptus in nitrogen and air atmospheres. *Bioresource Technology*, 123: 98-105.
- Maharjoeno. 2005. Perubahan Komposisi kimia, Sifat Fisik, Nilai Cerna In Vitro dan Aroma Nasi Selama Penyimpanan Dalam Magic Jar. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- 
- Michael R, Lindeburg. 2011. *Civil Engineering Reference Manual for the PE Exam*. Professional Publications. ISBN 1591263417.
- Monika, S. 2016. Torefaksi Batang Sawit: Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Nilai Kalor Produk Torefaksi. *Jom Fteknik*, 3(2): 1-4.
- Muhammad, R. 2018. Pengaruh Variasi Temperatur Pengolahan Hidrotermal Ampas Kopi terhadap Yield Energi untuk Bahan Baku Pembuatan Biobriket. ISSN : 2407- 1846.
- Muhammad, Z. 2019. Bahan Bakar Padat dari Tandan Kosong Sawit Menggunakan Proses Torefaksi dengan Variasi Suhu dan Waktu Torefaksi. *Jom Fteknik*, 6(1): 1-5.
- Pelczar, J. M. 1996. *Dasar – Dasar Mikrobiologi*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Purwani E dan Muwakhidah. 2006. *Efek Berbagai Pengawet Alami Sebagai Pengganti Formalin Terhadap Sifat Organoleptik Dan Masa Simpan Daging Dan Ikan*. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Rahman. 2011. Uji Keragaan Biopellet dari Biomassa Limbah Sekam Padi (*Oryza sativa* sp.) sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Institut Pertanian Bogor*, skripsi: 67.
- Reksowardojo. 1999. *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

- Rohman, S. 2009. Analisis Sifat Fisika dan Kimia Lignin Tandan Kosong Kelapa Sawit Asal Desa Sape, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. *Jurnal Kimia*, 2(1):24-29.
- Suganal. 2019. Bahan Bakar *Co-firing* dari Batubara dan Biomassa Terefaksi dalam Bentuk Briket (Skala Laboratorium). *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 15(1): 31-48.
- Sulaiman, S. 2009. *Biomassa Gasifikasi*. Makalah Penelitian Biomassa Energi. Baristand Industri Surabaya. Surabaya.
- Tri, R. 2019. Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Terefaksi dengan Menggunakan Reaktor *Counter-Flow Multi Baffle* (COMB). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3): 321-331.
- USSDA. 1999. *Practical procedures for grain handlers: Inspecting Grain*. United States: Departement of Agriculture-Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration.
- Wahyudi. 2009. *Kebijakan dan Program Konservasi Energi Nasional*. Makalah Penelitian Biomassa Energi. Baristand Industri Surabaya. Surabaya.
- Wirakartakusumah, M., Abdullah, K. & Syarif, A. 1992. *Sifat Fisik Pangan*. Bogor: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, IPB.