

**PENGARUH PROSES TOREFAKSI BAHAN TERHADAP PEMBUATAN
BIOPELLET DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG**

(Skripsi)

Oleh

ANGGA AJI PRATAMA



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PENGARUH PROSES TOREFAKSI BAHAN TERHADAP PEMBUATAN *BIOPELLETT* DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG

Oleh

Angga Aji Pratama

Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang dapat diolah menjadi bahan baku yang menghasilkan energi seperti *biopellet*. Untuk meningkatkan kualitas biomassa bahan perlu ditorefaksi sebelum dicetak menjadi *biopellet*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh proses torefaksi bahan limbah tongkol jagung terhadap pembuatan dan kualitas *biopellet*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan yaitu, T0 (tanpa torefaksi), T1 (suhu 225 °C dan waktu 10 menit), T2 (suhu 225 °C dan waktu 20 menit), T3 (suhu 275 °C dan waktu 10 menit), dan T4 (suhu 275 °C dan waktu 20 menit). Proses torefaksi dilakukan dengan memasukan bahan tongkol jagung yang diselimuti alumunium foil pada *furnace* dalam kondisi suhu ruang. Pelet dengan diameter 12 mm dicetak menggunakan alat press hidrolik pada tekanan 174 MPa. Parameter yang diamati meliputi penyusutan bahan, kadar air, kekuatan bahan, berat jenis, analisis distribusi partikel, analisis warna, kekuatan *biopellet*, kadar abu, dan daya serap air.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap parameter yang digunakan. Kondisi operasi perlakuan terbaik terjadi pada perlakuan T4 dengan penyusutan bahan yaitu diameter bahan 9,93 %, panjang bahan 3,18 %, dan volume bahan 21,43 %, *bulk density biopellet* 0,39 g/cm³, kadar air *biopellet* 1,76 %, kekuatan bahan 37,92 detik/100 g, distribusi ukuran partikel berturut-turut < 2 mm 60,67 %, > 2 mm 17,33 %, > 1 mm 18,67 %, warna *biopellet* 32,20. Sedangkan untuk kekuatan *biopellet*, kadar abu, dan massa jenis *biopellet* terbaik terjadi pada perlakuan T2 berturut-turut 61,66 %, 2,66 %, dan 0,82%.

Kata Kunci: Tongkol jagung, *biopellet*, torefaksi, suhu, waktu.

ABSTRACT

THE EFFECT OF MATERIAL TOREFACTION PROCESS ON THE MANUFACTURE OF BIOPELLET FROM CORN COB WASTE

By

Angga Aji Pratama

Corn cobs are agricultural waste that can be processed into raw materials that produce energy such as biopellets. To improve the quality of biomass, the material needs to be torrefaction before being molded into biopellets. This study aims to analyze the effect of the torrefaction process of corn cobs waste on the manufacture and quality of biopellets. This study used a completely randomized design with 5 treatments, namely, T0 (without torrefaction), T1 (temperature 225°C and time 10 minutes), T2 (temperature 225°C and time 20 minutes), T3 (temperature 275°C and time 10 minutes), and T4 (temperature 275°C and time 20 minutes). The torrefaction process is carried out by inserting corn cobs covered aluminum foil in a furnace at room temperature conditions. Pellets with a diameter of 12 mm were formed using hydraulic press at a pressure of 174 MPa. Parameters observed included material shrinkage, moisture content, material strength, specific gravity, particle distribution analysis, color analysis, biopellet strength, ash content, and water absorption. The results of this study indicate a real influence on the parameters used. The best treatment operating conditions occurred in the T4 treatment with material shrinkage, namely material diameter 9.93%, material length 3.18%, and material volume 21.43%, biopellet bulk density 0.39 g/cm³, biopellet moisture content 1.76 %, material strength 37.92 sec/100 g, particle size distribution < 2 mm 60.67%, > 2 mm 17.33%, > 1 mm 18.67 %, colour of biopellet 32.20. Meanwhile, the best biopellet strength, ash content, and density of biopellet occurred in T2 treatment, 61.66%, 2.66%, and 0.82%, respectively.

Keywords: Corn cobs, biopellet, torrefaction, temperature, time.

**PENGARUH PROSES TOREFAKSI BAHAN TERHADAP PEMBUATAN
BIOPELLET DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG**

Oleh

Angga Aji Pratama

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **PENGARUH PROSES TOREFAKSI BAHAN TERHADAP PEMBUATAN *BIOPELLET* DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG**

Nama Mahasiswa : **Angga Aji Pratama**

No. Pokok Mahasiswa : **1714071063**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**





Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP. 19650527 199303 1 002


Ir. Budianto Lanya, M.T.
NIP. 19580523198603 1 002

MENGETAHUI,

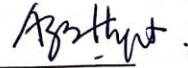
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 19621010 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

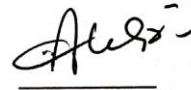
Ketua : Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.



Sekretaris : Ir. Budianto Lanya, M.T.



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Agustus 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Angga Aji Pratama NPM 1714071063

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) Ir. Budiarto Lanya, M.T. 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, September 2021

Yang membuat pernyataan



(Angga Aji Pratama)
NPM.1714071063

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sekampung, Kabupaten Lampung Timur pada tanggal 27 Juli 1999, sebagai anak pertama dari dua bersaudara bapak Masjito dan ibu Mujiati.

Penulis memulai pendidikan dari Taman Kanak-Kanak TK Bumiemas pada tahun 2004-2005, kemudian melanjutkan pendidikan di SDN 03 Selorejo pada tahun 2005-2011, SMP N 1 Batanghari pada tahun 2011-2014, SMK N 2 Metro pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan

Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif berorganisasi di beberapa Lembaga Kemahasiswaan baik di tingkat Jurusan, Fakultas, Universitas maupun tingkat Nasional sebagai :

1. Anggota Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI);
3. Ketua Pelaksana Musyawarah Besar Anggota VIII Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Periode 2017-2018;
4. Anggota bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung Periode 2018-2019;
5. Ketua Pelaksana Pelatihan Manajemen dan Kepemimpinan Tingkat Dasar Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Periode 2018-2019;
6. Staf Kajian Ahli Strategi dan Advokasi BEM FP Unila Kabinet Muda Bada Berkarya tahun 2020;

7. Ketua Bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2020;
8. Dewan Pembina Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung Periode 2021.

Penulis pernah mendapatkan beasiswa PPA pada semester 5 – 6 selama berkuliah di Universitas Lampung. Penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Fisika Dasar dan Mata Kuliah Alat dan Mesin Pertanian serta penulis pernah menjadi Tutor Forum Ilmiah Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada tanggal 2 Januari – 10 Februari 2020 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) sebagai Kordinator Desa (Kordes) selama 40 hari di Pekon Paku, Kecamatan Kelumbayan, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Pada tanggal 10 Juli – 10 Agustus tahun 2020 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) selama 40 hari di PT Agro Prima Sejahtera, Kecamatan Waway Karya, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung dengan judul ***“MEMPELAJARI TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN PISANG CAVENDISH DI PT AGRO PRIMA SEJAHTERA KECAMATAN WAWAY KARYA KABUPATEN LAMPUNG TIMUR”***.

Penulis berhasil mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T.) S1 Teknik Pertanian pada tahun 2021 dengan menghasilkan skripsi yang berjudul ***“PENGARUH PROSES TOREFAKSI BAHAN TERHADAP PEMBUATAN BIOPELLET DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG.”***



Persembahan

Kupersembahkan karya ini kepada :

Kedua Orangtuaku

Bapak Masjito dan Ibu Mujiati

&

Adikku

Devita Ayu Pratiwi



SANWACANA

Puji syukur senantiasa penulis haturkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir penyusunan skripsi.

Skripsi yang berjudul “**PENGARUH PROSES TOREFAKSI BAHAN TERHADAP PEMBUATAN *BIOPELLET* DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pertanian (S.T.).

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M. Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung;
3. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Dosen Komisi Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, motivasi, dan saran pada penyusunan Skripsi ini;
4. Ir. Budianto Lanya, M.T., selaku Dosen Komisi Pembimbing Kedua dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan saran dalam perkuliahan hingga terselesaikan Skripsi ini;
5. Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam perbaikan dalam Skripsi ini;
6. Para Dosen dan Staf Jurusan Teknik Pertanian;
7. Kedua orang tua tercinta bapak Masjito dan ibu Mujiati serta adiku tersayang Devita Ayu Pratiwi dan seluruh keluarga besar saya;
8. Keluarga Besar Teknik Pertanian 2017;

9. Anggota kontrakan RBI leo no 19 : Andika, Daffa, Haidar, Arif, Krisna, ditambah Armadito dan Wahyu Aji;
10. Pengurus PERMATEP 2020 terkhusus PSDM 2020 : Ekaliana, Nyoman, Rendi, Aksal, Naufal, Chandra, Maya, Maulydia, Sundari, dan Zulfa;
11. Pasukan kosan A3, rekan tim pelet, tim biochar, dan rekan panggung malam jurusan : Erine, Agata, Eka, Tanti, Binti, Nur, Dandy, Riri, Aw, Wahyu Arif, Agustin, Sugi, Willy, Kevin, Agung N, Stef, Aldi, Yoga, dan Anggit;
12. Tim KKN Pekon Paku : Rossa, Erlita, Mia, Sartika, Saras, Rizky, dan bapak Amri sekeluarga;
13. Dewan Pembina PERMATEP 2021 : Nasywa, Agung Wahyudi, dan Muhammad Pijar;

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, September 2021

Penulis

Angga Aji Pratama

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Hipotesis Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tongkol Jagung	5
2.2. <i>Biopellet</i>	6
2.3. Torefaksi	8
III. METODE PENELITIAN	10
3.1. Waktu dan Tempat	10
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	10
3.3. Rancangan Percobaan	10
3.4. Prosedur Penelitian	11
3.4.1. Persiapan alat dan bahan	13
3.4.2. Penjemuran	13
3.4.3. Torefaksi bahan	13
3.4.4. Penggilingan	14
3.4.5. Pengayakan	15
3.4.6. Pencetakan <i>biopellet</i>	15
3.4.7. Pengujian <i>biopellet</i>	16
3.5. Parameter Pengamatan	16
3.5.1. Analisis penyusutan bahan	16
3.5.2. Massa jenis (<i>mass density</i> dan <i>bulk density</i>)	17
3.5.3. Analisis kadar air	18
3.5.4. Kekuatan bahan	18

3.5.5. Analisis distribusi ukuran partikel	18
3.5.6. Analisis warna.....	19
3.5.7. Kekuatan <i>biopellet</i>	20
3.5.8. Kadar abu	20
3.5.9. Analisis daya serap air	21
3.6. Analisis Data	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1. Analisis Penyusutan Bahan	22
4.2. Massa jenis (<i>mass density</i> dan <i>bulk density</i>).....	26
4.3. Analisis Kadar Air	31
4.4. Kekuatan Bahan	35
4.5. Analisis Distribusi Ukuran Partikel	37
4.6. Analisis Warna.....	42
4.7. Kekuatan <i>Biopellet</i>	46
4.8. Kadar Abu	49
4.9. Analisis Daya Serap Air.....	53
4.9. Perbandingan Kualitas <i>Biopellet</i>	56
V. KESIMPULAN.....	58
5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	65
Tabel 23 – 35.....	65
Gambar 37 – 68.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar <i>biopellet</i> di beberapa Negara	7
2. Mutu pelet biomassa Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675:2018	8
3. Kombinasi perlakuan Rancangan Acak Lengkap	11
4. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap penyusutan bahan diameter.....	23
5. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap penyusutan bahan panjang.....	24
6. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap penyusutan bahan volume.....	24
7. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap massa jenis tongkol jagung.....	28
8. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap massa jenis <i>biopellet</i>	29
9. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap <i>bulk density</i> tongkol jagung.....	29
10. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap <i>bulk density biopellet</i>	29
11. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap kadar air bahan	33
12. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap kadar air <i>biopellet</i>	33
13. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap kekuatan bahan.....	36
14. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap distribusi ukuran < 2 mm	39
15. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap distribusi ukuran > 2 mm	39
16. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap distribusi ukuran > 1 mm	39
17. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap warna <i>biopellet</i>	44
18. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap warna bahan	44
19. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap kekuatan <i>biopellet</i>	48
20. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap kadar abu bahan	50
21. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap kadar abu <i>biopellet</i>	51
22. Uji Anova pengaruh torefaksi terhadap daya serap air <i>biopellet</i>	55
<i>LAMPIRAN</i>	
23. Penyusutan bahan tongkol jagung.....	66
24. Lanjutan penyusutan bahan tongkol jagung.....	66
25. Massa jenis	66

26. <i>Bulk density</i>	67
27. Kadar air	67
28. Lama waktu penggilingan bahan.....	67
29. Distribusi ukuran partikel	68
30. Dsitribusi ukuran partikel rata-rata.....	68
31. Warna bahan	68
32. Warna <i>biopellet</i>	69
33. Kekuatan <i>biopellet</i>	69
34. Kadar abu	69
35. Daya serap air	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tongkol jagung	5
2. Diagram alir penelitian.....	12
3. Alat furnace Vulcan D-550	14
4. Alat pencacah multiguna.....	15
5. <i>Press hidrolik</i> Krisbow	16
6. Grafik penyusutan diameter dan panjang bahan tongkol jagung	22
7. Grafik penyusutan volume bahan tongkol jagung	23
8. Uji BNT penyusutan diameter bahan	24
9. Uji BNT penyusutan panjang bahan	25
10. Uji BNT penyusutan volume bahan	25
11. Grafik massa jenis bahan dan <i>biopellet</i>	27
12. Grafik <i>bulk density</i> bahan dan <i>biopellet</i>	27
13. Uji BNT massa jenis <i>biopellet</i>	30
14. Uji BNT <i>bulk density biopellet</i>	30
15. Grafik kadar air bahan dan <i>biopellet</i>	32
16. Uji BNT kadar air bahan	34
17. Uji BNT kadar air <i>biopellet</i>	34
18. Grafik kekuatan bahan dengan alat pencacah multiguna	36
19. Uji BNT kekuatan bahan	37
20. Grafik distribusi ukuran partikel.....	38
21. Uji BNT distribusi ukuran < 2 mm.....	40
22. Uji BNT distribusi ukuran > 2 mm.....	40
23. Uji BNT distribusi ukuran > 1 mm.....	41
24. Perubahan warna bahan pengaruh torefaksi	42
25. Perubahan warna <i>biopellet</i> pengaruh torefaksi.....	42
26. Grafik perubahan warna	43

27. Uji BNT warna bahan	45
28. Uji BNT warna <i>biopellet</i>	45
29. Grafik kekuatan <i>biopellet</i>	47
30. Uji BNT kekuatan <i>biopellet</i> (%).....	48
31. Grafik kadar abu bahan dan <i>biopellet</i>	50
32. Uji BNT kadar abu bahan	51
33. Uji BNT kadar abu <i>biopellet</i>	52
34. Grafik daya serap air maksimal	54
35. Grafik daya serap air <i>biopellet</i>	54
36. Uji BNT daya serap air <i>biopellet</i> (%).....	56

LAMPIRAN

37. Penyiapan bahan dan penjemuran	70
38. Pengukuran diameter dan panjang awal tongkol jagung	71
39. Pembungkusan alumunium foil bahan sebelum torefaksi	71
40. Torefaksi tongkol jagung.....	72
41. Perlakuan tanpa torefaksi.....	72
42. Hasil torefaksi suhu 225 °C dan waktu 10 menit	73
43. Hasil torefaksi suhu 225 °C dan waktu 20 menit	73
44. Hasil torefaksi suhu 275 °C dan waktu 10 menit	74
45. Hasil torefaksi suhu 275 °C dan waktu 20 menit	74
46. Pengukuran penyusutan bahan tongkol jagung	75
47. Pengukuran massa jenis tongkol jagung.....	75
48. Pengovenan bahan untuk kadar air	76
49. Penimbangan bahan tongkol jagung untuk penggilingan.....	76
50. Penggilingan bahan tongkol jagung torefaksi dan tanpa torefaksi	77
51. Pengayakan bahan tongkol jagung hasil giling	77
52. Hasil ayakan tidak lolos 2 mm	78
53. Hasil ayakan lolos 2 mm.....	78
54. Hasil ayakan lolos 1 mm.....	79
55. Hasil penggilingan bahan masing-masing perlakuan	79
56. Pencetakan <i>biopellet</i>	80
57. <i>Biopellet</i> tanpa torefaksi	80

58. <i>Biopellet</i> torefaksi suhu 225 °C dan waktu 10 menit	81
59. <i>Biopellet</i> torefaksi suhu 225 °C dan waktu 20 menit	81
60. <i>Biopellet</i> torefaksi suhu 275 °C dan waktu 10 menit	82
61. <i>Biopellet</i> torefaksi suhu 275 °C dan waktu 20 menit	82
62. Pengukuran massa jenis <i>biopellet</i>	83
63. Pengukuran warna <i>biopellet</i>	83
64. Pengovenan <i>biopellet</i> untuk kadar air <i>biopellet</i>	84
65. Uji kekuatan <i>biopellet</i>	84
66. Kadar abu.....	84
67. Daya serap air <i>biopellet</i>	85

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan pemanfaatan limbah merupakan upaya yang saat ini dilakukan untuk mengubah limbah menjadi produk yang dapat dimanfaatkan bahkan memiliki nilai ekonomis. Indonesia sebagai negara agraris menyumbang potensi limbah pertanian terbesar yang dapat diolah, seperti jerami, sekam padi, ampas tebu, tongkol jagung, batang singkong dan limbah pertanian lainnya. Diantara limbah-limbah tersebut limbah tongkol jagung cukup berpotensi untuk diolah menjadi salah satu sumber energi alternatif terbarukan.

Tongkol jagung atau janggal merupakan bagian dari buah jagung yang sudah dipipil. Menurut Pramesti dkk. (2021), jagung mengandung kurang lebih 30 % tongkol jagung sedangkan sisanya adalah kulit dan biji. Berdasarkan data BPS tahun 2015 produksi jagung nasional mencapai 19,83 juta ton, mengalami kenaikan sebesar 830.000 ton dari produksi tahun 2014 yaitu sebesar 19 juta ton (Kementrian Pertanian, 2015). Data tersebut menunjukkan hasil produksi jagung yang melimpah dan menunjukkan banyaknya limbah tanaman jagung yang melimpah juga. Jika dibiarkan limbah dapat menyebabkan sampah baru yang berdampak buruk pada lingkungan. Maka dari itu perlunya pengolahan limbah menjadi produk baru, salah satu bagian yang dapat dimanfaatkan ialah limbah tongkol jagung (Putra, 2019).

Tongkol jagung mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang merupakan komposisi kimia sebagai sumber bahan baku pembuatan bioetanol, pakan ternak, dan sebagai sumber karbon (Hermiati dkk., 2017). Pemanfaatan tongkol jagung menjadi produk baru sebagai energi bahan bakar alternatif atau biomassa

sangatlah mungkin dilakukan, hal ini dikarenakan tongkol jagung memiliki nilai energi termal yang tinggi sebesar 18,35 kJ/kg yang dapat diolah sebagai energi terbarukan (Asonja *et al.*, 2017). Pada saat ini penggunaan bahan bakar sangat tinggi sedangkan ketersediaan sumber bahan minyak bumi semakin menipis, proses pembentukan fosil yang memakan waktu sangat lama dapat menyebabkan ketersediaan cadangan minyak bumi di dunia akan habis. Dengan permasalahan yang ada dan potensi tongkol jagung untuk dijadikan biomassa menjadi salah satu solusi pemenuhan energi dalam bentuk praktis seperti *biopellet*.

Biopellet adalah bahan bakar biomassa berbentuk pelet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, dan kandungan energi. Penggunaan *biopellet* telah dikenal luas oleh masyarakat di negara-negara eropa dan amerika. Pada beberapa negara seperti Jerman, Kanada dan Austria sudah menggunakan *biopellet* limbah kayu sebagai bahan bakar boiler pada industri dan pemanas ruang skala kecil dan menengah saat musim dingin. Biomassa dalam bentuk *biopellet* dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat. Kelebihan *biopellet* sebagai bahan bakar antara lain densitas tinggi, mudah dalam penyimpanan dan penanganan (Wahyuni dkk., 2010).

Dalam upaya memanfaatkan potensi biomassa limbah pertanian sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan, perlu ditingkatkan kualitas produksi *biopellet* agar dihasilkan bahan bakar biomassa dengan performa pembakaran yang optimal. Sehingga diperlukan metode thermal untuk meningkatkan nilai kalor serta kualitas pelet biomassa, salah satu metode thermal yang digunakan ialah torefaksi.

Torefaksi adalah pemanasan biomassa secara perlahan dengan kisaran suhu 200 – 300 °C yang dilakukan dengan kondisi sedikit atau tanpa oksigen (Syamsiro, 2016). Torefaksi sangat potensial untuk meningkatkan daya saing biomassa sebagai suatu energi yang terbarukan melalui suatu proses thermal. Bahan yang ditorefaksi terlebih dahulu memiliki keuntungan nilai kalor yang tinggi, rasio atom O/C, H/C, dan kandungan air yang rendah, serta tahan terhadap air atau

hidropobik. Sehingga memaksimalkan dalam pembuatan dan energi *biopellet* yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian di atas, pembuatan *biopellet* dengan proses torefaksi bahan diharapkan mampu menjadi solusi keterbatasan energi, meningkatkan kualitas *biopellet*, dan memudahkan proses pembuatan *biopellet* dengan memanfaatkan biomassa tongkol jagung. Oleh karena itu, diperlukan penelitian pengaruh proses torefaksi bahan terhadap pembuatan *biopellet* dari limbah tongkol jagung.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik *biopellet* yang baik dari limbah tongkol jagung?
2. Apakah proses torefaksi bahan memberikan pengaruh dalam pembuatan *biopellet* yang baik?
3. Bagaimana pengaruh suhu dan lama waktu torefaksi yang terbaik dalam pembuatan *biopellet* dari limbah tongkol jagung?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik *biopellet* dari limbah tongkol jagung
2. Melihat pengaruh torefaksi terhadap proses pembuatan *biopellet* dari limbah tongkol jagung
3. Mengetahui pengaruh suhu dan lama waktu torefaksi bahan yang terbaik dalam pembuatan *biopellet* dari limbah tongkol jagung

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik *biopellet* dari limbah tongkol jagung dan memberikan informasi pembuatan serta

kualitas *biopellet* yang baik dari proses tanpa torefaksi dan torefaksi dari berbagai variasi suhu dan lama waktu yang tepat.

1.5. Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah penggunaan proses torefaksi bahan dapat menemukan pembuatan dan karakteristik *biopellet* yang baik serta dapat meningkatkan kualitas *biopellet* dari limbah tongkol jagung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan tempat pembentukan penyimpanan makanan jagung sebagai pertumbuhan biji yang berkembang diantara ruas-ruas tanaman jagung (Simanullang, 2021). Tongkol jagung mengandung senyawa berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Kandungan lignin pada tongkol jagung sebesar 20,3%, hemiselulosa 31,7% dan selulosa 34,7%. Seringkali tongkol jagung ini dibuang atau dibakar yang menyebabkan penumpukan sampah dan mencemari lingkungan (Gambar 2). Baru-baru ini banyak studi yang mengangkat tentang pemanfaatan limbah tongkol jagung secara efektif (Cruz *et al.*, 2000).



Gambar 1. Tongkol jagung

Menurut Kulkarni *et al.* (1999), kandungan hemiselulosa terbesar pada tongkol jagung ialah xilan. Xilan sebagai komponen sel memegang peranan penting pada proses degradasi biomassa tanaman dan siklus karbon di alam. Kandungan xilan pada tongkol jagung lebih tinggi ketimbang sekam, bekatul, ampas pati, dan onggok (Richana dan Sunarti, 2004).

Pemanfaatan tongkol jagung menjadi sumber energi dengan merubah bahan menjadi biomassa melalui proses gasifikasi menjadi bahan bakar. Sehingga memberi dampak positif dari segi pengolahan limbah menjadi produk yang bisa digunakan secara baik. Shofiyanto (2008), menyatakan limbah tanaman jagung yaitu tongkol jagung, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dengan proses *biomass refining* berdasarkan sparasi fraksi-fraksi kimianya.

2.2. *Biopellet*

Biopellet merupakan sumber energi padat hasil proses densifikasi (pengempaan) biomassa untuk meningkatkan potensinya (Pentananunt *et al.*, 1990).

Biopellet memiliki bentuk silinder dengan panjang 6 – 25 mm dan diameter 12 mm yang umum digunakan sebagai energi alternatif. Beberapa negara seperti Jerman dan Austria, *biopellet* telah dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif yang berasal dari serpihan kayu. Kompresi *biopellet* cukup besar dengan tekanan lebih tinggi dari briket, yaitu 650 kg/m^3 berbanding 60 kg/m^3 . *Biopellet* yang memiliki kadar air rendah dapat meningkatkan efektivitas pembakaran (Mustamu dkk., 2018).

Biopellet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar dengan menggunakan teknik densifikasi. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan densitas (kerapatan) dari bahan dan memudahkan penyimpanan serta pengangkutan. Konversi biomassa dapat menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran, dan kualitas yang seragam dari *biopellet* yang dihasilkan. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan dari pelet adalah bahan baku, kadar air, ukuran partikel, kondisi pengempaan, penambahan perekat, alat densifikasi, dan perlakuan setelah proses produksi (Lehmann *et al.*, 2012).

Biopellet memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada bahan yang dibuat, sebagian besar *biopellet* untuk bahan bakar menggunakan zat organik atau biomassa. Keuntungan utama menggunakan bahan bakar pelet biomassa adalah

penggunaan kembali bahan limbah yang baru saja dibuang. Sedangkan penggunaan bahan bakar biomassa secara langsung tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu mengakibatkan timbulnya penyakit pernapasan yang disebabkan oleh karbon monoksida, sulfur dioksida dan bahan partikulat (Suyoko dkk., 2020). Perlunya dilakukan pengolahan bahan biomassa menjadi bentuk padatan seperti briket dan *biopellet* untuk mengurangi dampaknya dan memudahkan proses pemindahan (transportasi) dari satu tempat ke tempat lain karena keseragaman bentuk serta ukurannya (Winaya dan Susila, 2010).

Biopellet biomassa menjadi salah satu produk yang dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan dalam wujud bahan bakar. Penggunaan *biopellet* diperuntukan sebagai bahan bakar kebutuhan rumah tangga, pertanian, industri besar, bahkan juga bisa untuk industri pembangkit tenaga. Standarisasi pelet biomassa pada berbagai negara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar *biopellet* di beberapa Negara

Parameter	Unit	Australia	Jerman	Swedia
Kadar air	%	<10	<12	<10
Kadar abu	%	<0,50	<1,50	<0,7
Nilai kalor	MJ/kg	>18	17,5-19,5	>19,08

Sumber : Wahyullah (2018).

Karakterisasi bisa menjadi parameter dalam penilaian pembuatan pelet sebagai penentu kualitas pelet tersebut. Menurut Satmoko dkk. (2013), penentuan karakterisasi dapat ditentukan dengan hasil pengujian nilai kalor, hasil pengujian kadar abu dimana kandungan kadar abu diantaranya adalah lempung, silika dan kalsium. Abu merupakan bagian yang tersisa dari proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi. Penentuan karakterisasi dapat dinilai dengan perlakuan terhadap benda seperti kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, karbon terikat, kerapatan, kuat tekan, dan nilai kalor (Wibowo dkk., 2016). Mutu pelet biomassa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Mutu pelet biomassa 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).

Proses pembuatan pelet dibagi menjadi dua tahap, yaitu: Pengolahan pendahuluan meliputi pencacahan, pengeringan, dan penggilingan. Proses pembuatan pelet meliputi pencetakan, pendinginan, dan pengeringan. Tujuan dari pembuatan bentuk pelet adalah untuk meringkas volume bahan, memudahkan proses pemindahan, dan menurunkan biaya pengangkutan (Zamirza, 2009).

2.3. Torefaksi

Torefaksi merupakan suatu proses konversi (pengubahan) biomassa menjadi bahan bakar padat yang lebih bersih. Proses torefaksi biomassa secara perlahan diberi kalor atau dipanaskan pada temperatur 200 – 300 °C dengan waktu tertentu. Produk torefaksi akan lebih mudah dikesilkan ukurannya sehingga konsumsi energi untuk mengecilkan ukuran semakin menurun (Chew and Doshi, 2011).

Tujuan utama torefaksi memaksimalkan massa dan energi dengan menurunkan rasio antara oksigen dan hidrogen terhadap karbon. Kondisi proses yang paling berpengaruh terhadap nilai kalor adalah suhu torefaksi diikuti oleh waktu torefaksi. Sementara itu ukuran partikel tidak memberikan pengaruh yang signifikan (Fernando dan Helwani, 2016).

Selama proses torefaksi, biomassa akan mengalami devolatisasi yang menyebabkan berat biomassa menjadi berkurang. Tetapi kandungan energi awal dari biomassa yang telah ditorefaksi tersebut tetap terjaga didalam produk padatnya, sehingga densitas energi dari biomassa menjadi lebih tinggi dibandingkan dari biomassa sebelum torefaksi (Nasution dan Limbong, 2017). Perlakuan panas pada suhu tinggi mampu menurunkan hemiselulosa dan melunakkan lignin, yang menyebabkan pengurangan massa. Proses torefaksi adalah salah satu teknologi maju dari beberapa metode lainnya. Biomassa yang ditorefaksi kualitasnya hampir mendekati batubara, dan dalam beberapa hal mengunggulinya yaitu :

1. kadar air dan abu yang lebih rendah;
2. tidak adanya kotoran berbahaya, terutama belerang;
3. mengurangi dampak ekologis total terhadap lingkungan (Syamsiro, 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Maret - Mei 2021 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *furnace* Vulcan D-550, *press hidrolik* merek Krisbow, ayakan, timbangan digital, oven Memment DIN 40050 – IP 20, tanur, alat pencacah multiguna, *colourmeter* AMT507, cawan, aluminium foil, plastik, nampan, sendok, corong, *stopwatch*, jangka sorong, meteran, alat tulis dan alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung.

3.3. Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap. Penelitian ini menggunakan lima perlakuan pada bahan yaitu tongkol jagung sebagai berikut :

1. Tanpa torefaksi (T0)
2. Torefaksi 225°C dan waktu 10 menit (T1)
3. Torefaksi 225°C dan waktu 20 menit (T2)
4. Torefaksi 275°C dan waktu 10 menit (T3)
5. Torefaksi 275°C dan waktu 20 menit (T4)

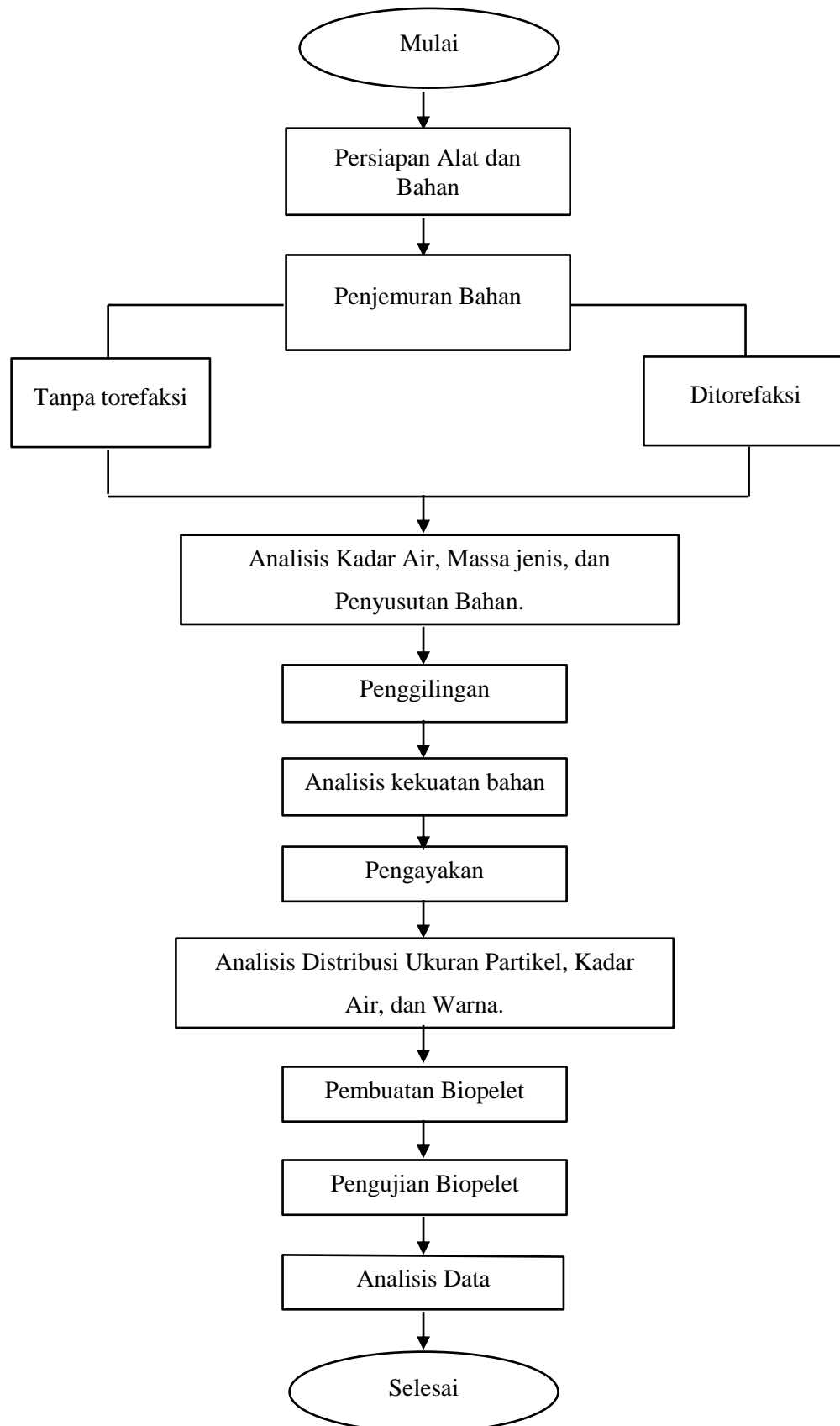
Masing-masing perlakuan mengalami pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 15 sampel (Tabel 3). Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap.

Tabel 3. Kombinasi perlakuan Rancangan Acak Lengkap

Perlakuan	Ulangan		
	U1	U2	U3
T0	T0U1	T0U2	T0U3
T1	T1U1	T1U2	T1U3
T2	T2U1	T2U2	T2U3
T3	T3U1	T3U2	T3U3
T4	T4U1	T4U2	T4U3

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengaruh proses torefaksi bahan terhadap pembuatan *biopellet* dari limbah tongkol jagung ini dapat dilihat pada Gambar 3. Dalam proses pelaksanaan penelitian ini ada beberapa proses yang dilalui dimulai dari persiapan alat dan bahan hingga analisis data, berikut ini menunjukkan langkah-langkah prosedur penelitian ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.4.1. Persiapan alat dan bahan

Sebelum melakukan penelitian ini, alat dan bahan dipersiapkan terlebih dahulu. Alat yang perlu dipersiapkan adalah alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *furnace*, *pres hidrolis*, ayakan, timbangan digital, oven, alat pencacah multiguna, jangka sorong, aluminium foil, cawan, plastik, nampan, sendok, corong, *stopwatch*, dan alat tulis. Bahan yang dipersiapkan adalah tongkol jagung.

3.4.2. Penjemuran

Penjemuran dilakukan untuk mengeringkan tongkol jagung yang masih basah. Penjemuran dilakukan selama 3 - 4 hari dibawah sinar matahari langsung untuk mendapatkan kering yang optimal dengan kadar air berkisar 9 – 12 %. Tujuan penjemuran bahan yaitu untuk menjaga bahan tetap utuh kering dan tidak berjamur ketika digunakan.

3.4.3. Torefaksi bahan

Proses torefaksi menggunakan bahan tongkol jagung sebanyak 100 gram setiap perlakuannya. Tongkol jagung dibungkus dengan aluminium foil dan diberi sedikit lubang menggunakan jarum. Torefaksi bahan tongkol jagung dilakukan pada perlakuan T1, T2, T3, dan T4 menggunakan *furnace* tipe Vulcan D-550 (Gambar 3) yang dipanaskan dengan suhu 225 °C selama 10 dan 20 menit, serta suhu 275 °C selama 10 dan 20 menit setiap pengujiannya. Bahan dimasukkan terlebih dahulu pada suhu ruang dan diatur sampai suhu yang ditentukan. Untuk mencapai torefaksi suhu 225 °C membutuhkan waktu 7 menit dan untuk torefaksi suhu 275 °C membutuhkan waktu 12 menit untuk dicapai. Ketika suhu sudah tercapai dilakukan pencatatan waktu torefaksi sesuai perlakuan yang dikenakan. Setelah itu dilakukan proses pendinginan selama 20 menit untuk setiap perlakuan torefaksi. Proses torefaksi dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.



Gambar 3. Alat furnace Vulcan D-550

3.4.4. Penggilingan

Penggilingan merupakan proses pengolahan bahan baku sebelum diolah ke proses selanjutnya. Penggilingan bahan dilakukan untuk memperkecil ukuran bahan yang akan dicetak menjadi *biopellet*. Penggilingan dikatakan optimal apabila mampu menghancurkan bahan dengan lama waktu yang sedikit dan konsumsi energi yang sedikit. Proses penggilingan menggunakan dua bahan yaitu tongkol jagung torefaksi dan tongkol jagung tanpa torefaksi sebanyak 100 gram setiap perlakuannya. Pada proses penggilingan dilakukan uji kekuatan bahan dari tiap perlakuan dengan 3 kali ulangan. Penggilingan dilakukan dengan alat pencacah multiguna pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat pencacah multiguna

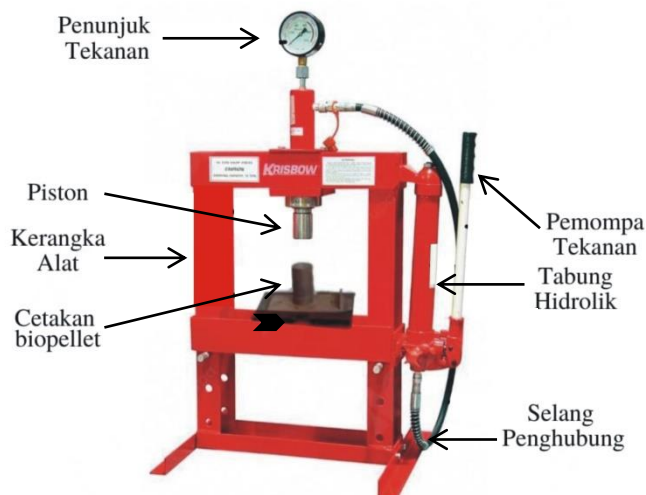
3.4.5. Pengayakan

Pengayakan adalah suatu proses pemisahan bahan berdasarkan jenis ukuran lubang yang terdapat pada ayakan. Semakin kecil ukuran lubang (besaran mm) maka semakin halus bahan yang akan lolos ayakan, sedangkan semakin besar ukuran lubang maka semakin kasar bahan yang lolos ayakan. Proses pengayakan bahan baku dilakukan secara manual menggunakan ayakan ukuran 1mm dan 2 mm untuk melihat nilai kekasaran atau distribusi ukuran partikel. Hasil akhir yang digunakan dalam pembuatan *biopellet* yaitu bahan lolos ukuran 1 mm.

3.4.6. Pencetakan *biopellet*

Pencetakan *biopellet* dengan dikempa menggunakan alat Press Hidrolik Krisbow pada Gambar 5. Bahan baku yang sudah ditimbang kemudian dicetak menggunakan silinder cetak berdiameter 1,2 cm dan panjang besi slinder pencetak

adalah 10 cm. Pemberian tekanan pada saat pencetakan yaitu sebesar 2 ton atau 174 MPa.



Gambar 5. *Press hidrolik* Krisbow

3.4.7. Pengujian *biopellet*

Pengujian *biopellet* dilakukan dalam tiga fase yaitu fase awal bahan yang ditorefaksi dan tanpa torefaksi, fase setelah penggilingan, dan fase setelah pencetakan menjadi *biopellet*. Parameter uji pada bahan yang dilakukan meliputi analisis penyusutan bahan, analisis kadar air, analisis kekuatan, analisis massa jenis, analisis distribusi ukuran partikel, analisis warna, uji jatuh, analisis daya serap air, dan *hydropobicity*. Analisis ini dilakukan pada dua jenis bahan yang akan dibandingkan dalam penelitian untuk mencari bahan yang terbaik.

3.5. Parameter Pengamatan

3.5.1. Analisis penyusutan bahan

Penyusutan merupakan proses berkurangnya ukuran suatu volume benda baik panjang atau lebar suatu benda yang diakibatkan suatu proses tertentu. Proses panas yang dikenakan pada suatu benda dapat memberikan dampak penyusutan

pada benda. Panas mempengaruhi perubahan sifat fisis meliputi penurunan perubahan berat, penyusutan volume, dan kerapatan pada bahan. Penyusutan suatu bahan dilihat dari besaran suhu yang dikenakan, semakin besar suhu maka semakin besar penyusutan yang terjadi. Perhitungan penyusutan terhadap bahan dapat diketahui dengan cara menghitung selisih antara ukuran awal bahan dikurangi ukuran akhir bahan. Analisis penyusutan bahan pada proses torefaksi tongkol jagung dilakukan dengan menghitung rata-rata ukuran panjang dan diameter awal bahan dikurangi rata-rata ukuran panjang dan diameter tiap perlakuan torefaksi bahan. Kemudian dari selisih yang didapat dapat dihitung volume susut pada bahan.

3.5.2. Massa jenis (*mass density dan bulk density*)

Massa jenis adalah perbandingan massa zat tersebut terhadap volumenya, massa jenis memiliki satuan kg/m^3 atau g/cm^3 . Pengukuran massa jenis dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran dengan satu sampel bahan dan *biopellet* (*mass density*) dan pengukuran dengan media yang ditentukan (*bulk density*). Untuk pengukuran *bulk density* dilakukan dengan mengambil beberapa sampel yang ditimbang pada sebuah wadah yang sudah ditetapkan volumenya yaitu 1,5 liter atau $0,0015 \text{ m}^3$ untuk tongkol jagung dan 0,15 liter atau $0,00015 \text{ m}^3$ untuk *biopellet*.

$$S = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

S = massa jenis benda (g/cm^3)

m = massa benda (g)

V = volume benda (cm^3)

3.5.3. Analisis kadar air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam pelet dengan berat yang sudah dikeringkan, kadar air berpengaruh terhadap kualitas dan tinggi nilai kalor, selain itu kadar air yang tinggi juga dapat menyebabkan pelet mudah berjamur. Analisis kadar air dilakukan dengan mengambil 1 bahan sampel tanpa cawan dan diletakkan dalam cawan porselen dengan bobot yang sudah diketahui. Dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam sampai kadar air konstan. Tahap terakhir bahan dimasukkan ke dalam desikator sampai suhu stabil dan timbang, kadar air dihitung dengan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{(mB - mK)}{mB} \times 100 \% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

mB = Massa sampel sebelum dikeringkan

mK = Massa sampel setelah kering

3.5.4. Kekuatan bahan

Ada berbagai macam cara mengetahui indikasi seberapa kuat suatu bahan, seperti ditekan, dihancurkan, dijatuhkan, lama waktu untuk menghancurkan bahan, dan beberapa cara lain. Pada analisis kekuatan bahan tongkol jagung yang ditorefaksi dan tanpa torefaksi akan diuji dengan alat pencacah multiguna untuk mengetahui kekuatan bahan. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu penggilingan bahan sebanyak 100 gram setiap perlakuannya. Hasil akhir pengujian dilihat dari perbandingan lama waktu yang diperlukan untuk menghancurkan bahan tiap perlakuannya.

3.5.5. Analisis distribusi ukuran partikel

Penentuan distribusi ukuran partikel dilakukan pada sediaan yang berupa sistem dispersi atau sediaan yang memiliki syarat mengenai keberadaan partikel dengan ukuran tertentu. Pendistribusian ukuran partikel suatu bahan sangat penting dalam

menentukan ukuran partikel bahan tersebut. Banyak metode yang dilakukan untuk menentukan ukuran partikel bahan, yang paling mudah dan sederhana yaitu dengan pengayakan. Distribusi ukuran partikel yang dilakukan pada tongkol jagung untuk membandingkan ukuran partikel hasil penggilingan bahan dengan torefaksi dan tanpa torefaksi menggunakan ayakan 1 mm dan 2 mm, dengan data yang diamati yaitu lolos ukuran 1 mm (halus), lolos ukuran 2 mm tapi tidak lolos ukuran 1 mm (sedang), tidak lolos ukuran 2 mm (kasar).

3.5.6. Analisis warna

Pengujian warna dan sifat fisis dilakukan terhadap bahan yang sudah digiling dan sudah jadi pelet baik ditorefaksi atau tanpa torefaksi. 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 1 (Esteves and Pereira, 2009):

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^* \dots\dots\dots(3)$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^* \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^* \dots\dots\dots(5)$$

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana, ΔL^* , Δa^* , dan Δb^* , secara berurutan adalah perubahan kecerahan, perubahan kromatisasi merah/hijau, dan perubahan kromatisasi kuning/biru setelah torefaksi. Derajat perubahan warna ditentukan berdasarkan klasifikasi (Valverde and Moya, 2014):

$0,0 < \Delta E^* = 0,5$ = 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. Kekuatan *biopellet*

Kekuatan *biopellet* merupakan perlakuan ketahanan pelet akan benturan-benturan yang terjadi pada saat disimpan atau pada saat dipindahkan. Pengujian kekuatan *biopellet* dilakukan dengan cara menjatuhkan *biopellet* dari ketinggian 1,5 meter. Setelah dijatuhkan pelet diamati dan ditimbang kembali. Untuk mengetahui nilai kekuatan *biopellet* maka dilakukan perbandingan bobot *biopellet* setelah dijatuhkan dengan berat *biopellet* sebelum dijatuhkan. Kemudian diamati perubahan fisik *biopellet*. *Biopellet* yang baik apabila tidak terjadi perubahan bobot ketika dilakukan uji jatuh.

$$\text{Kekuatan } \textit{biopellet} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan

W1 = bobot *biopellet* awal (g)

W2 = bobot *biopellet* setelah dijatuhkan (g)

3.5.8. Kadar abu

Kadar abu merupakan residu anorganik dari proses pembakaran atau oksidasi komponen organik bahan. Pengukuran kadar abu dilakukan dengan ± 3 gram sampel yang telah dioven terlebih dahulu dan diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui, kemudian cawan berisikan sampel dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu maksimal 550°C selama 2 jam. Setelah proses pengabuan bahan didinginkan pada desikator hingga stabil dan kemudian ditimbang. Kadar abu dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Abu } \% = \frac{BA}{BKS} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

BA = Bobot Abu (g)

BKS = Bobot Kering Sampel (g)

3.5.9. Analisis daya serap air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada kualitas *biopellet* itu sendiri, biasanya akan lebih mudah tumbuhnya jamur pada pelet. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada pelet (Handayani, 2010). Dalam menentukan daya serap air digunakan standar NI-10-78 pasal 6, pengamatan dihitung dengan rumus sebagai berikut (Handayani, 2010).

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{mb - mk}{mk} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

mk= massa *biopellet* kering (tetap) (g)

mb= massa *biopellet* setelah dibiarkan 24 jam dan selama 30 hari (g)

3.6. Analisis Data

Data yang telah diperoleh dianalisa atau diolah dengan menggunakan analisis Rancangan Acak Lengkap berdasarkan rancangan percobaan yang telah dikemukakan di depan. Analisa atau pengolahan dilakukan dengan menggunakan *software SAS University*. Hasil analisa atau pengolahan data akan disajikan dalam bentuk tabel dan atau grafik serta diuraikan secara deskriptif.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. *Biopellet* dari tongkol jagung menunjukkan karakteristik yang rapuh dengan kekuatan *biopellet* rendah (39,98 %), kadar air (5,91 %), nilai massa jenis (0,33 g/cm³), dan daya serap air maksimal yang tinggi (9,62 %)
2. Pengaruh proses torefaksi bahan tongkol jagung terhadap pembuatan *biopellet* meliputi :
 - a. Penyusutan bahan maksimal pada tongkol jagung akibat torefaksi yaitu diameter 9,93 %, panjang 3,18 %, dan volume 21,43 % pada suhu 275 °C dan lama waktu 20 menit
 - b. Kadar air tongkol jagung mengalami penurunan yang tinggi pada perlakuan 275 °C dan lama waktu 20 menit sebesar 0,41 % dari kadar air tanpa torefaksi sebesar 8,62 %. Sedangkan kadar air *biopellet* terendah sebesar 1,76 % pada perlakuan 275 °C dan lama waktu 20 menit dan kadar air tertinggi sebesar 5,91 % pada perlakuan tanpa torefaksi
 - c. Analisis kekuatan bahan mengalami penghancuran lebih cepat pada torefaksi suhu 275 °C dan lama waktu 20 menit dengan waktu 37,92 detik/100gram dibandingkan perlakuan tanpa torefaksi dengan waktu 75 detik/100gram
 - d. Massa jenis dan *bulk density* mengalami pengaruh nyata proses torefaksi pada bentuk *biopellet* dengan kerapatan tertinggi sebesar 0,82 g/cm³ dan 0,38 g/cm³. Sedangkan pada tongkol jagung tidak mengalami pengaruh signifikan
 - e. Distribusi ukuran partikel pengaruh proses torefaksi tertinggi pada partikel halus berturut-turut halus 18,67 %, sedang 17,33 %, dan kasar 60,67 %

- dibandingkan perlakuan tanpa torefaksi berturut-turut sebesar halus 4,67 %, sedang 10,67 %, dan kasar 81,33 %
- f. Proses torefaksi memberikan dampak perubahan warna yang signifikan terutama pada warna gelap
 - g. *Durability biopellet* tongkol jagung terbaik terjadi pada torefaksi bahan suhu 225 °C dan lama waktu 20 menit dengan ketahanan 61,66 %
 - h. Kadar abu bahan terendah sebesar 2,63 % pada suhu 225 °C dan waktu 10 menit, sedangkan pada kadar abu *biopellet* terendah sebesar 2,66 % pada suhu 225 °C dan waktu 20 menit
 - i. Daya serap air pada *biopellet* yang sudah ditorefaksi lebih kecil menyerap air dibandingkan *biopellet* tanpa ditorefaksi. Daya serap air dipengaruhi tinggi rendahnya kelembaban lingkungan.
3. Pengaruh suhu dan lama waktu terbaik torefaksi terjadi pada perlakuan suhu 275 °C dan lama waktu 20 menit pengaruhnya terhadap kadar air rendah, daya serap air rendah, massa jenis tinggi, dan perubahan warna total. Namun *durability* dan kadar abu terbaik pada suhu 225 °C dan lama waktu 10 menit dan 20 menit.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan suhu maksimal torefaksi tongkol jagung sebesar 275 °C dan lama waktu 20 menit. Saran dalam penelitian menggunakan lebih banyak variasi lama waktu dan suhu torefaksi pada bahan tongkol jagung dan pada saat proses pembuatan *biopellet* usahakan bahan tidak terlalu lama dari proses torefaksi ke pencetakan *biopellet* dan saat penyimpanan usahakan pada wadah yang kedap udara karena bahan mampu menyerap kandungan air dalam udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M., Ma'ruf, S.D., Kaskoyo, H., Safe'i, R. dan Hidayat, W. 2020. Modifikasi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kelapa (*Cocos nucifera*) melalui Perlakuan Panas dengan Minyak. In *Prosiding Seminar Nasional Konservasi 2020*. LPPM Universitas Lampung: 564–569.
- Adapa, P.K., Schoenau, G.J., Tabil, L.G., Arinze, E.A., Singh, A.K. and Dalai, A.K. 2007. Customized and Value-added High Quality Alfalfa Products: A New Concept.
- Asonja, A., Desnica, E. and Radovanovic, L. 2017. Energy efficiency analysis of corn cob used as a fuel. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12: 1–7.
- Chew, J.J. and Doshi, V. 2011. Recent advances in biomass pretreatment–Torrefaction fundamentals and technology. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(8): 4212–4222.
- Cruz, J.M., Domínguez, J.M., Domínguez, H. and Parajó, J.C. 2000. Preparation of fermentation media from agricultural wastes and their bioconversion into xylitol. *Food biotechnology*, 14(1–2): 79–97.
- Erni, N., Kadirman, K. dan Fadilah, R. 2018. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Tepung Umbi Talas (*Colocasia esculenta*). *Jurnal pendidikan teknologi pertanian*, 4(1): 95–105.
- Esteves, B. and Pereira, H. 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1): 370–404.
- Fernando, A.Q. dan Helwani, Z. 2016. *Torefaksi Tandan Kosong Sawit: Pengaruh Kondisi Proses terhadap Nilai Kalor Produk Torefaksi*. PhD Thesis. Riau University.
- Gultom, R.N., Sulaeman, R. dan Budiani, E.S. 2017. *Pemanfaatan limbah kayu jabon dan limbah serat sawit sebagai bahan baku briket arang*. PhD Thesis. Riau University.

- Handayani, S. 2010. Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaj. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 12(1): 41–50.
- Helwani, Z. 2017. *Bahan Bakar Padat dari Pelepah Sawit Menggunakan Proses Torefaksi; Variasi Suhu dan Ukuran Bahan Baku*. PhD Thesis. Riau University.
- Hermiati, E., Lipi, U.B.B.-, Mangunwidjaja, D., Departemen Teknologi Industri Pertanian, F.T.P., Sunarti, T.C., Departemen Teknologi Industri Pertanian, F.T.P., Suparno, O., Departemen Teknologi Industri Pertanian, F.T.P., Prasetya, B. dan Lipi, P.P.B.-. 2017. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. 2541-0822.
- Hidayat, W., Febrianto, F., Purusatama, B.D. and Kim, N. 2018. Effects of Heat Treatment on the Color Change and Dimensional Stability of *Gmelina arborea* and *Melia azedarach* Woods.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J., Febrianto, F. and Kim, N. 2017. Effect of mechanical restraint on drying defects reduction in heat-treated okan wood. *BioResources*, 12(4): 7452–7465.
- ISO. 2014. ISO 17225-6:2014. *ISO*.
<https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/05/94/59461.html> 10 August 2021.
- Kaliyan, N. and Vance Morey, R. 2009. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and Bioenergy*, 33(3): 337–359.
- Kementrian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019. *Kementrian Pertanian*. Jakarta.
- Kulkarni, N., Shendye, A. & Rao, M. 1999. Molecular and biotechnological aspects of xylanases. *FEMS microbiology reviews*, 23(4): 411–456.
- Lehmann, B., Schröder, H.-W., Wollenberg, R. and Repke, J.-U. 2012. Effect of miscanthus addition and different grinding processes on the quality of wood pellets. *Biomass and Bioenergy*, 44: 150–159.
- Martunis, M. 2012. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap kuantitas dan kualitas pati kentang varietas granola. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 4(3).
- Mustamu, S., Hermawan, D. dan Pari, G. 2018. Karakteristik biopelet Dari limbah padat kayu putih dan gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3): 191–204.
- Nasruddin dan Affandy, R. 2011. Karakteristik briket dari tongkol jagung dengan perekat tetes tebu dan kanji. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(2): 1–10.

- Nasution, Z.A. dan Limbong, H. 2017. Pembuatan arang cangkang kelapa sawit dengan proses torefaksi. (Preparation of Palm Kernel Shell Charcoal Using Torrefaction Method). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(1): 14–20.
- Pentananunt, R., Rahman, A.M. dan Bhattacharya, S.C. 1990. Upgrading of biomass by means of torrefaction. *Energy*, 15(12): 1175–1179.
- Pramesti, Y.S., Kristanto, B. dan Pratama, H. 2021. Processing of Corn Cobs Waste into Briquettes Using Cob Press Machine Capacity 40 kg / hour: *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(1).
- Praptiningsih, G.A. dan Nuriana, W. 2017. Keragaman biopellet limbah tanaman padi (*Oryza sativa* sp) sebagai energi alternatif ramah lingkungan. *Jurnal Agri-tek*, 15(2).
- Putra, N.A. 2019. *Unjuk Kerja Mesin Pencacah Seresah Biomassa Tipe Multiguna Berdasarkan Tingkatan Kecepatan Putaran*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ranawati, N.W. 2021. *Analisis Tingkat Keputihan Beras Berdasarkan Hasil Bekatul Di Tempat Penggilingan Padi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Retnani, Y., Basymeleh, S. dan Herawati, L. 2009. Pengaruh Jenis Hijauan Pakan dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Fisik Wafer. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*: 196–202.
- Richana, N. dan Sunarti, T.C. 2004. Karakterisasi sifat fisikokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubi kelapa, dan gembili. *Jurnal pascapanen*, 1(1): 29–37.
- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I.G. dan Bakri, S. 2019. Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB)(Characterization of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) Pellets Torrefied with Counter-Flow Multi Baffle (COMB) Reactor). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3): 321–331.
- Salca, E.-A., Kobori, H., Inagaki, T., Kojima, Y. and Suzuki, S. 2016. Effect of heat treatment on colour changes of black alder and beech veneers. *Journal of Wood Science*, 62(4): 297–304.
- Satmoko, M.E.A., Saputro, D.D. dan Budiyo, A. 2013. Karakterisasi briket dari limbah pengolahan kayu sengon dengan metode cetak panas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(1).
- Shofiyanto, M. 2008. Hidrolisa Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultur Campuran. *Institut Pertanian Bogor*: 4–7. Bogor.

- Sidabutar, V.T.P. 2017. Kajian peningkatan potensi ekspor pelet kayu indonesia sebagai sumber energi biomassa yang terbarukan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 12(1): 99–116.
- Simanullang, A.F. 2021. Karakterisasi Sifat Fisis Papan Partikel Limbah Tongkol Jagung dengan Resin Epoxy Isosianat. *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 5(1): 82–87.
- Solihin, Muhtarudin dan Sutrisna, R. 2015. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Air Kualitas Fisik Dan Sebaran Jamur Wafer Limbah Sayuran Dan Umbi-Umbian. *Jurnal Ilmiah Peternakan terpadu*, 3(2): 48–54.
- Standarisasi Nasional Indonesia. 2018. Pelet biomassa untuk energi. (SNI 8675-2018). *Badan Standardisasi Nasional*.
- Sulistio, Y., Febryano, I.G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U. dan Hidayat, W. 2020. Pengaruh Torefaksi dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) dan Electric Furnace terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*) (Effects of Torefaction with Counter-Flow Multi Baffle (COMB) Reactor and Electric Furnace on the Properties of Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Pellets). *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1): 65–76.
- Sulistyaningkart, L. dan Utami, B. 2017. Pembuatan briket arang dari limbah organik tongkol jagung dengan menggunakan variasi jenis dan persentase perekat. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1): 43–53.
- Suyoko, M., Ridhuan, K. dan Dharma, U.S. 2020. Karakteristik biopelet tempurung kelapa dan serbuk kayu sebagai bahan bakar alternatif. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 1(1): 8–16.
- Syamsiro, M. 2016. Peningkatan kualitas bahan bakar padat biomassa dengan proses densifikasi dan torrefaksi. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, 1(1): 7–13.
- Ungureanu, N., Vladut, V., Biris, S.-S., Dincă, M., Ionescu, M., Zăbavă, B.-Ștefania, Munteanu, M. and Voicea, I. 2016. *A Review On The Durability Of Biomass Pellets*. Buchares.
- Valverde, J.C. and Moya, R. 2014. Correlation and modeling between color variation and quality of the surface between accelerated and natural tropical weathering in *Acacia mangium*, *Cedrela odorata* and *Tectona grandis* wood with two coating. *Color Research & Application*, 39(5): 519–529.
- Wahyullah. 2018. Pemanfaatan Biomassa Tumbuhan Menjadi Biopellet sebagai Alternatif Energi Terbarukan. *Universitas Hasanudin*, 2(1): 239–247.
- Wahyuni, T., Anissah, U. & Zulkarnain, R. 2010. Pemanfaatan Hasil Samping Biji Nyamplung menjadi Biopellet sebagai Bahan Bakar Pengganti

Minyak Tanah di Kawasan Pesisir. *Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.*

- Wibowo, T., Setyawati, D. dan Diba, F. 2016. Kualitas Biopellet Dari Limbah Batang Kelapa Sawit Dan Limbah Kayu Penggergajian. *Jurnal Hutan Lestari*, 4(4).
- Winaya, I.N.S. dan Susila, I.B.A.D. 2010. Co-Firing Sistem Fluidized Bed Berbahan Bakar Batubara dan Ampas Tebu. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*.
- Yulianto, T., Febryano, I.G., Iryani, D.A., Haryanto, A., Hasanudin, U. dan Hidayat, W. 2020. Changes in physical properties of oil palm empty fruit bunch pellets caused by torrefaction. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(2): 104–111.
- Zamirza, F. 2009. *Pembuatan Biopellet dari Bungkil Jarak Pagar (Jathropa curcas L.) Dengan Penambahan Sludge Dan Perekat Tapioka*. Fakultas Pertanian Teknologi Pertanian IPB. Bogor.