

**PEMBUATAN BRIKET *BIOCOAL* DARI TIGA VARIETAS LIMBAH
BATANG SINGKONG DENGAN CAMPURAN DUA
UKURAN PARTIKEL BATUBARA**

(Skripsi)

Oleh
INDAH FEBRIA DEWI



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PEMBUATAN BRIKET *BIOCOAL* DARI TIGA VARIETAS LIMBAH BATANG SINGKONG DENGAN CAMPURAN DUA UKURAN PARTIKEL BATUBARA

**Oleh
INDAH FEBRIA DEWI**

Limbah batang singkong kurang mendapat perhatian oleh petani, dari sekitar 1 ha perkebunan singkong dapat ditanam hingga 15.625 batang singkong, sementara petani biasanya akan menggunakan sekitar 20 persen batang singkong untuk kebutuhan penanaman kembali, sementara 80 persen sisanya hanya menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan. Limbah batang singkong dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif briket *biocoal*. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah batang singkong dan batubara sebagai briket.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, faktor pertama yaitu varietas limbah batang singkong (Kasesart, Thailand, Mentega) dan faktor kedua ukuran partikel batubara (25 mesh dan 40 mesh). Masing-masing kombinasi perlakuan diulang (U) sebanyak empat kali sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Data hasil pengujian karakteristik briket yang terdiri dari densitas, kadar air, nilai kalor, kekuatan tekan, shatter resistance index, laju pembakaran, dan suhu dasar plat pemasakan (panci) Proses

analisis data dilakukan menggunakan sidik ragam dengan menggunakan perangkat lunak SAS. Jika dalam analisis sidik ragam terdapat pengaruh nyata dari faktor perlakuan maka di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh varietas limbah batang singkong tidak berpengaruh terhadap densitas, kekuatan tekan, nilai kalor, shatter resistance index, kadar air, laju pembakaran dan suhu,. Sementara itu, ukuran partikel batubara berpengaruh nyata terhadap densitas, kekuatan tekan, nilai kalor, shatter resistance index, laju pembakaran dan suhu panci. Semakin kecil ukuran partikel batubara yang digunakan maka dapat meningkatkan densitas, kekuatan tekan, shatter resistance index, serta menurunkan laju pembakaran briket. Sebaliknya semakin besar ukuran partikel batubara yang digunakan akan meningkatkan nilai kalor briket, laju pembakaran dan suhu dasar plat pemasakan.

Hasil karakteristik setelah pengujian briket sebagai berikut : densitas 0,39 -0,42 g/cm³, kadar air 5,17 - 6,62 %, Nilai kalor 4658 – 5048 kal/g, Kekuatan tekan 5,00 – 5,12 kg/cm², Shatter resistance index 99,91 - 99,96%, laju pembakaran 0,34 – 0,39 g/menit dan suhu dasar panci 321°C - 406°C Briket *biocoal* ini layak untuk digunakan memasak di dapur karena telah melewati suhu minimal (180°C) yang dapat digunakan untuk mendidihkan minyak dalam menggoreng bahan makanan.

Kata kunci : Briket, limbah batang singkong, batubara, perekat tapioka.

ABSTRACT

MAKING BIOCOAL BRICKET FROM THREE VARIETIES OF SINGKONG STONE WASTE WITH MIXED TWO COAL PARTICLE SIZES

By

INDAH FEBRIA DEWI

Waste of cassava stem received less attention from farmers, from about 1 ha of cassava plantations can be planted up to 15,625 cassava stems, while farmers will usually use about 20 percent of cassava stems for replanting needs, while the remaining 80 percent only becomes waste that not utilized. Waste of cassava stem can be utilized as an alternative fuel for biocoal briquettes. This study aims to utilize cassava stem waste and coal as briquettes.

This research was conducted using a completely randomized design factorial with two factors, the first factor was waste of cassava stem varieties (Kasesart, Thailand, Mentega) and the second factor was coal particle size (25 mesh and 40 mesh). Each treatment combination was repeated (R) four times so that there were 24 experimental units. Data from the test results of briquette characteristics consisting of density, moisture content, calorific value, compressive strength, shatter resistance index, combustion rate, and base temperature of the cooking plate (pan) The data analysis process was carried out using variance using SAS software. If in the analysis of variance there is a real influence of the treatment factor then proceed with the LSD test (Least Significant Difference).

The results showed that the influence of cassava stem waste varieties did not affect the density, compressive strength, heating value, shatter resistance index, combustion rate and temperature. Meanwhile, coal particle size significantly affected density, compressive strength, heating value, shatter resistance index, combustion rate and pan temperature. The smaller the particle size of coal used, it can increase the density, compressive strength, shatter resistance index, and reduce the rate of burning briquettes. Conversely, the larger coal particle size used will increase the briquette's water content which affects the briquette's heating value, combustion rate and cooking plate base temperature.

The results of the characteristics after testing the briquettes are as follows: density 0.39 -0.42 g / cm³, moisture content 5.17 - 6.62%, heating value 4658 - 5048 cal / g, compressive strength 5.00 - 5.12 kg /cm², Shatter resistance index 99.91 - 99.96%, combustion rate 0.34 - 0.39 g / minute and pan temperature 321°C - 406°C This biocoal briquette is suitable for cooking in the kitchen because it has passed the minimum temperature (180°C) that can used to boil oil in frying food ingredients.

Keywords: Briquette, cassava stem waste, coal, tapioca adhesive.

**PEMBUATAN BRIKET *BIOCOAL* DARI TIGA VARIETAS LIMBAH
BATANG SINGKONG DENGAN CAMPURAN DUA UKURAN
PARTIKEL BATUBARA**

Oleh
INDAH FEBRIA DEWI

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi

: **PEMBUATAN BRIKET *BIOCOAL* DARI TIGA VARIETAS LIMBAH BATANG SINGKONG DENGAN CAMPURAN DUA UKURAN PARTIKEL BATUBARA**

Nama

: **Indah Febria Dewi**

NPM

: 1514071045

Jurusan

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

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

Dr. Ir. Tamrin, M.S.
NIP 19621231 198703 1 030

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

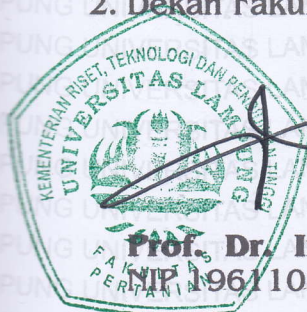
Sekretaris

: Dr. Ir. Tamrin, M.S.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Juli 2019

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

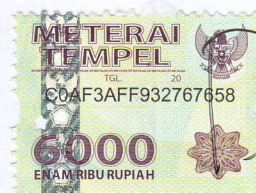
Saya adalah **Indah Febria Dewi** NPM **1514071045**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.** dan 2) **Dr. Ir. Tamrin, M.S.** 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 dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 27 Juli 2019

Yang membuat pernyataan



(Indah Febria Dewi)

NPM. 1514071045

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tangerang, 28 Februari 1997 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Ary As'ari Marnan dan Dewi Rusni. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Taqwa yukum jaya, pada tahun 2001-2003. Pendidikan dilanjutkan di Sekolah Dasar (SD)

Negeri 2 Yukum Jaya pada tahun 2003-2009. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Terbanggi Besar pada tahun 2009-2012 dan Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Lampung Tengah pada tahun 2012-2015.

Kemudian pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP). Selama menjadi mahasiswa penulis mengikuti organisasi PERMATEP (Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian) sebagai bendahara bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) (Periode 2016-2017). Pada tahun 2018, penulis melaksanakan KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Desa Jabung, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur selama 40 hari pada bulan Januari – Maret. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Great Giant Pineapple, Labuhan Ratu Lampung Timur dengan judul “Mempelajari Aspek Keteknikan Pertanian Pada Budidaya Tanaman Nanas Di PT.

Great Giant Pineapple Labuhan Ratu Lampung Timur” selama 40 hari kerja mulai Juli
– Agustus 2018

PERSEMBAHAN

Allhamdulillahirobbil'aalamiin,

**Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta, kasih sayang dan rasa
terima kasihku kepada:**

Kedua Orangtuaku

**Yang telah membesarkan serta mendidik dengan penuh perjuangan, kasih
sayang, dan selalu mendoakan yang terbaik untuk keberhasilanku.**

**Dan keluarga besarku yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, dan
semangat kepadaku.**

Serta

Teman – Teman Teknik Pertanian 2015 Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PEMBUATAN BRIKET *BIOCOAL* DARI TIGA VARIETAS LIMBAH BATANG SINGKONG DENGAN CAMPURAN DUA UKURAN PARTIKEL BATUBARA** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Penulis menyadari bahwa selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Komisi Pembimbing (Pembimbing Utama) sekaligus selaku Pembimbing Akademik yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan saran serta kritik, memotivasi, dan memberikan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.

4. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas kesediaannya untuk memberikan nasihat, kritik, saran dan masukan yang membangun dalam proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Dr. Siti Suharyatun, S.TP., selaku penguji atas kesediannya untuk memberikan nasihat, kritik dan saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi.
6. Ibu Cicih Sugianti, S.TP.,M.Si., selaku pembimbing akademik pada tahun ajaran 2015-2019 atas kesediaannya untuk memberikan nasihat, kritik, saran, dan masukan yang membangun selama perkuliahan.
7. PT. Bukit Asam Tbk Unit Pabrik Briket Natar, yang telah memberikan bahan penelitian kepada penulis berupa batubara secara percuma.
8. Terkhusus keluargaku yang sangat aku sayangi, ayahku Ary As'ari Marnan, Ibuku tercinta Ibu Dewi Rusni , Nenekku Tersayang Siti Supiah yang selalu memberikan semangat, motivasi serta do'a yang tiada henti serta kasih dan sayangnya kepada penulis selama ini.
9. My best partner in spirit, Yogi Putra Pratama yang senantiasa memberikan semangat, bantuan, perhatian, nasihat dan kasih sayangnya.
10. Teman seperjuangan penelitian, Annisa Nastiti Putri, dan Hasna Ronaziah yang telah menjadi teman yang luar biasa selama penelitian yang tidak akan terlupakan.
11. Sahabat dari mahasiswa baru Dinda Hanifa Wibowo, Indah Sekar Shellani, Nur Rohmah terimakasih atas dorongan semangat dan kebersamaan yang tidak terlupakan.

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

Bandar Lampung, 29 Juli 2019
Penulis

INDAH FEBRIA DEWI

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
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	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Singkong	5
2.1.1 Taksonomi Tanaman Singkong.....	5
2.1.2 Perkembangan Luas Panen, Produksi dan Produktivitas	8
2.1.3 Potensi Limbah Batang Singkong.....	8
2.2 Briket.....	9
2.2.1 Jenis Briket Batubara	10
2.2.2 Pembuatan Briket	12
2.2.3 Parameter Briket.....	13
2.3 Batubara	16
2.3.1 Klasifikasi Batubara	16
2.4 Perekat.....	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Rancangan Percobaan	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan	21
3.4.2 Pengecilan Ukuran Batang Singkong I	23
3.4.3 Pengeringan Cacahan Batang Singkong	23
3.4.4 Pengecilan Ukuran Batang Singkong II.....	23
3.4.5 Pengecilan Batubara.....	23
3.4.6 Pembuatan Briket	24
3.4.7 Pengeringan Briket.....	25

3.4.8	Pengujian Briket.....	25
3.4.9	Analisa Data	30
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1	Briket <i>Biocoal</i>	31
4.2	Densitas.....	32
4.3	Kadar Air	34
4.4	Nilai Kalor	36
4.5	Kekuatan Tekan	37
4.6	Shatter Resistance Index	39
4.7	Laju Pembakaran	41
4.8	Suhu Dasar Plat Pemasakan (Panci)	43
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
	Gambar 14 - 42	54
	Tabel 10 -36	66

DAFTAR TABEL

Tabel	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Data kualitas fisik batang singkong	8
2.	Perbandingan mutu briket menurut penelitian berdasarkan SNI	15
3.	Bagan Hasil Perambangan (Randomisasi) menurut RAL Faktorial	21
4.	Formulasi bobot adonan briket.....	25
5.	Uji lanjut BNT densitas briket akibat ukuran partikel yang berbeda-beda.....	32
6.	Uji lanjut BNT pengaruh interaksi varietas batang singkong dan ukuran partikel batubara pada densitas briket.....	33
7.	Uji lanjut BNT kekuatan tekan briket akibat ukuran partikel batubara yang berbeda-beda	38
8.	Uji lanjut BNT shatter rasistence index akibat ukuran partikel batubara yang berbeda-beda	40
9.	Uji lanjut BNT laju pembakaran briket akibat ukuran partikel batubara yang berbeda-beda	42
<i>Lampiran</i>		
10.	Data bobot (g) briket untuk pengujian densitas briket.	56
11.	Data diameter (cm) briket untuk pengujian densitas briket.	56
12.	Data panjang (cm) briket untuk pengujian densitas briket.....	57
13.	Data densitas (g/cm ²) briket	57
14.	Hasil analisis ragam pengaruh varietas batang singkong dan ukuran partikel batubara terhadap densitas.	58
15.	Uji lanjut BNT densitas briket akibat ukuran partikel batubara yang berbeda -beda	58

16. Uji lanjut BNT pengaruh interaksi varietas batang singkong dan ukuran partikel batubara pada briket.....	58
17. Data bobot awal (g) briket untuk pengujian kadar air briket.....	60
18. Data bobot akhir (g) briket untuk pengujian kadar air briket.....	60
19. Data kadar air (%) briket.....	61
20. Data nilai kalor (kal/g) briket yang aktual.	63
21. Data bobot beban uji (kg) dalam pengujian kekuatan tekan.....	65
22. Data diameter (cm) briket dalam pengujian kekuatan tekan.....	65
23. Data kekuatan tekan (N/cm ³) briket	66
24. Hasil analisis ragam pengaruh ukuran partikel batubara terhadap kekuatan tekan briket.....	66
25. Uji lanjut BNT kekupatan tekan briket akibat ukuran partikel batubara yang berbeda-beda	66
26. Data bobot awal (g) briket untuk pengujian shatter resistance index briket. .	68
27. Data bobot akhir (g) briket untuk pengujian shatter resistance index briket. .	68
28. Data shatter resistance index (%) briket.....	69
29. Hasil analisis ragam pengaruh ukuran partikel batubara terhadap shatter resistance index briket.....	69
30. Uji lanjut BNT shatter resistance index briket akibat ukuran partikel batubara yang berbeda-beda.....	69
31. Data bobot (g) briket untuk pengujian laju pembakaran briket.	71
32. Data lama pembakaran (menit) briket untuk pengujian laju pembakaran briket.	71
33. Data laju pembakaran briket (g/menit)	72
34. Hasil analisis ragam pengaruh varietas batang singkong dan ukuran partikel batang singkong terhadap laju pembakaran.	72
35. Uji lanjut BNT laju pembakaran briket akibat ukuran partikel batubara yang berbeda-beda	72
36. Hasil data pengujian suhu dasar plat pemasakan (panci) (°C) setelah pembakaraan briket.	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Limbah batang singkong	9
2.	Briket.....	15
3.	Batubara	17
4.	Bagan Alir Penelitian	22
5.	Alat pencetak dan pengempa briket tipe ulir.....	24
6.	Briket <i>biocoal</i>	32
7.	Hubungan antara pengaruh varietas batang singkong dan ukuran partikel batubara terhadap densitas briket	32
8.	Hubungan antara pengaruh varietas limbah batang singkong dan ukuran partikel batubara terhadap kadar air briket.....	34
9.	Hubungan antara pengaruh varietas limbah batang singkong dan ukuran serbuk batubara terhadap nilai kalor briket	36
10.	Hubungan antara ukuran partikel batubara terhadap kekuatan tekan briket	37
11.	Hubungan antara ukuran partikel batubara terhadap shatter resistance index briket	40
12.	Hubungan antara ukuran partikel batubara terhadap laju pembakaran briket.	41
13.	Perubahan suhu dasar plat pemasakan (panci) pada pembakaran briket 1.(P1M1:P1M2) 2.(P2M1:P2M2) 3.(P3M1:P3M2).....	44

Lampiran

14.	Pengecilan ukuran batang singkong dengan menggunakan alat Perajang Batang Singkong Tipe-TEP 1.	75
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

15. Cacahan batang singkong.....	75
16. Penjemuran cacahan batang singkong dibawah sinar matahari.	75
17. Pengecilan ukuran cacahan batang singkong dengam menggunakan alat <i>hammer mill</i>	76
18. Serbuk batang singkong setelah di <i>hammer mill</i>	76
19. pengayakan serbuk batang singkong dengan menggunakan ayakan <i>tyler meinzer II (25 mesh)</i>	76
20. Serbuk batang singkong setelah diayak dengan nomor mesh 20.	77
21. Pengayakan batubara dengan menggunakan ayakan <i>tyler meinzer II</i>	77
22. Batubara ukuran mesh 25	77
23. Batubara ukuran mesh 40.....	78
24. Pembuatan perekat.	78
25. Dicampurkan serbuk batubara, serbuk batang singkong, dan perekat tapioka.	78
26. Dilakukan penghomogenan adonan briket.....	79
27. Dicitak briket dengan menggunakan alat pencetak <i>Screw Press Briquette</i> ...	79
28. Penimbangan briket setelah dicitak.	80
29. Penjemuran briket dibawah sinar matahari.	80
30. Penimbangan briket untuk pengujian parameter.....	81
31. Penyulutan api untuk menyalakan briket dengan briket yang sudah direndam minyak tanah.	81
32. Saat briket sudah menyala.....	81
33. Pengujian suhu dasar plat pemasakan (panci).....	82
34. Alat termokopel untuk menentukan suhu dasar plat pemasakan (panci).	82
35. pengujian kekuatan tekan.....	82
36. Pengujian <i>shatter resistance index</i> dari ketinggian 2 meter.	83
37. Pengujian Laju Pembakaran.....	83
38. Hasil briket yang sudah membara saat pengujian laju pembakaran..	83

39. Pengukuran panjang briket.....	84
40. Pengukuran diameter briket.	84
41. <i>Bomb calorimeter</i>	84
42. Mengoven briket untuk pengujian kadar air.	85

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lampung merupakan provinsi penghasil singkong terbesar di Indonesia dimana sepertiga total produksi mencapai 8.038.963 ton tanaman singkong. Pada tahun 2015 luas panen singkong di provinsi Lampung adalah 301.684 Ha dan produktivitas 26.647 Ton/Ha. Keberadaan lahan singkong banyak tersebar di kabupaten Lampung Tengah, Lampung Timur dan Lampung Utara. Varietas singkong yang banyak dibudidayakan di Lampung adalah Varietas Kasesart, Thailand dan Mentega (Badan Pusat Statistik (BPS),2016).

Limbah batang singkong kurang mendapat perhatian oleh petani, dari sekitar 1 ha perkebunan singkong dapat ditanam hingga 15.625 batang yang menghasilkan 31.250 meter batang singkong, sementara petani biasanya akan menggunakan sekitar 20 persen batang singkong untuk kebutuhan penanaman kembali, sementara 80 persen sisanya hanya menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan (BPS,2016). Hal ini menjadikan limbah batang singkong sebagai masalah di masyarakat dimana menjadi tempat bersarangnya tikus, ular dan hama yang dapat menyerang tanaman pertanian lainnya.

Wujud penanganan limbah batang singkong biasanya oleh petani hanya di tumpuk dan dibakar. Petani belum tertarik untuk mengelola karena belum mengetahui

adanya nilai tambah yang bisa didapat. Banyak cara penanganan limbah batang singkong yang bisa menguntungkan terutama dengan memanfaatkannya menjadi produk lain yang lebih bernilai tambah seperti dijadikan pupuk, papan, briket, pakan ternak dan barang kerajinan tangan lainnya. Limbah batang singkong dapat juga dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif briket biomassa. Briket mempunyai keuntungan ekonomis karena dapat diproduksi secara sederhana, memiliki nilai kalor yang tinggi, dan ketersediaan bahan bakunya cukup banyak sehingga dapat bersaing dengan bahan bakar lain.

Syarat utama bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan briket biomassa adalah bahan organik yang mengandung selulosa. Limbah batang singkong memiliki kandungan ligniselulosa yang cukup besar, yaitu terdiri dari 56,82% selulosa 21,72%, lignin 21,45%, *acid detergent fiber* (ADF) dan 0,05-0,5 cm panjang serat.

Berbagai varietas limbah batang singkong dan ukuran partikel serbuk batubara diduga akan mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan setiap varietas batang singkong memiliki kandungan lignin selulosa yang berbeda-beda yang mempengaruhi kecepatan pembakaran briket yang dibuat. Sedangkan ukuran partikel batubara mempengaruhi homogenitas campuran komposisi dari briket yang akan mempengaruhi daya dan lama pembakaran briket.

Berdasarkan kondisi yang telah dijelaskan maka dalam penanganan limbah batang singkong salah satu cara yang dapat dilakukan adalah menjadikannya sebagai bahan bakar briket dari serbuk batang singkong. Sehingga dapat dijadikan sebagai energi alternatif yang bermanfaat untuk masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana memberikan solusi penyelesaian permasalahan petani singkong dalam menangani keberadaan limbah batang singkong.
2. Bagaimana memanfaatkan limbah batang singkong sebagai briket bahan bakar menggunakan tiga varietas limbah batang singkong dengan campuran dua macam ukuran partikel batubara.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan ;

1. Memanfaatkan bahan baku limbah batang singkong, batubara sebagai briket *biocoal*
2. Mengetahui pengaruh varietas batang singkong terhadap karakteristik briket.
3. Mengetahui pengaruh ukuran partikel batubara terhadap karakteristik briket.
4. Mengetahui karakteristik pengujian briket varietas limbah batang singkong dan ukuran partikel batubara.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi penyelesaian permasalahan petani singkong dalam menangani keberadaan limbah batang singkong
2. Memberikan informasi kepada pembaca tentang pembuatan briket bahan bakar dengan memanfaatkan limbah batang singkong
3. Termanfaatkannya campuran biomassa limbah batang singkong dan batubara dengan perekat tapioka

1.5 Hipotesis

a) Faktor varietas batang singkong

H₀ : Tidak ada perbedaan karakteristik briket batubara akibat pengaruh varietas batang singkong

H₁ : Ada perbedaan karakteristik briket batubara akibat pengaruh varietas batang singkong

b) Faktor ukuran partikel batubara

H₀ : Tidak ada perbedaan karakteristik briket batubara akibat ukuran partikel batubara

H₁ : Ada perbedaan karakteristik briket batubara akibat ukuran partikel batubara

c) Interaksi antara faktor varietas batang singkong dan faktor ukuran partikel batubara

H₀ : Faktor varietas batang singkong tidak berinteraksi dengan faktor ukuran partikel batubara

H₁ : Faktor varietas batang singkong berinteraksi dengan faktor ukuran partikel batubara

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Singkong

Singkong atau cassava pertama kali dikenal di Amerika Selatan yang dikembangkan di Brasil dan Paraguay pada masa prasejarah. Potensi singkong menjadikannya sebagai bahan makanan pokok penduduk asli Amerika Selatan bagian utara, selatan Mesoamerika, dan Karibia sebelum Columbus datang ke Benua Amerika. Ketika bangsa Spanyol menaklukan daerah-daerah itu, budidaya tanaman singkong pun dilanjutkan oleh kolonial Portugis dan Spanyol (Bargumono, 2012). Di Indonesia, singkong dari Brasil diperkenalkan oleh orang Portugis pada abad ke-16. Selanjutnya singkong ditanam secara komersial di wilayah Indonesia sekitar tahun 1810. Kini saat sejarah tersebut terabaikan, singkong menjadi bahan makanan yang merakyat dan tersebar diseluruh pelosok Indonesia.

2.1.1 Taksonomi Tanaman Singkong

Tanaman singkong memiliki nama ilmiah yaitu *Manihot Utilissima* merupakan salah satu tanaman yang dapat tumbuh diberbagai daerah . singkong itu sendiri memiliki nama yang berbeda-beda di masing-masing tempat dimana singkong itu ditanam. Akan tetapi untuk klasifikasi dan morfologi tanaman singkong dapat dilihat sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae (tumbuhan)*

Divisi : *Magnoliophyta (tumbuhan yang memiliki bunga)*

Kelas : *Magnoliopsida (tumbuhan dengan biji berkeping dua)*

Ordo/bangsa : *Euphorbiales*

Familia/suku : *Euphorbiaceae*

Genus/marga : *Manihot*

Species/jenis : *Manihot Esculenta Crantz*

Bagian tubuh tanaman singkong terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut :

1. Umbi

Akar atau umbi merupakan organ tubuh utama pada tanaman singkong. Menurut Suprapti (2005), umbi yang terbentuk pada tanaman singkong merupakan akar yang menggelembung dan berfungsi sebagai tempat penampung makanan cadangan. Umbi tanaman singkong umumnya berbentuk bulat memanjang, yang terdiri atas kulit kering yang berwarna kecokelat-cokelatan, kulit basah yang berwarna keputih-putihan, dan daging berwarna putih atau kuning (tergantung varietasnya) yang mengandung sianida dengan kadar yang berbeda-beda.

2. Batang

Batang tanaman singkong berkayu dan beruas-ruas dengan ketinggian mencapai lebih dari 3 m. Warna batang bervariasi, ketika masih muda umumnya berwarna hijau dan setelah tua menjadi keputih-putihan, kelabu atau hijau kelabu. Batang tanaman singkong berlubang pada bagian tengahnya,

yang berisikan empulur berwarna putih dan bertekstur lunak dengan struktur seperti gabus (Suprapti, 2005).

3. Daun

Daun tanaman singkong dibentuk oleh lamina dan tangkai daun. Daun singkong memiliki susunan berurat menjari dengan cangap yang tidak merata, berkisar antara tiga hingga sembilan (kadang-kadang 11) daun tanaman singkong, terutama yang masih muda mengandung racun sianida, namun demikian dapat dimanfaatkan sebagai sayuran dan bahan pakan ternak (Suprapti, 2005).

4. Bunga

Singkong adalah tanaman yang menghasilkan bunga jantan dan betina pada tanaman yang sama. Bunga umumnya terbentuk di titik penyisipan cabang-cabang reproduksi, kadang-kadang bunga dapat ditemukan di daun axils di bagian atas tanaman (Hilloks *et al.*, 2001). Bunga tanaman singkong berumah satu dengan penyerbukan silang (Suprapti, 2005).

Berdasarkan sifat fisik dan kimia, singkong merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Sifat fisik dan kimia singkong sangat penting artinya untuk pengembangan tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Karakterisasi sifat fisik dan kimia singkong ditentukan oleh sifat pati sebagai komponen utama dari singkong (Susilawati, dkk, 2008).

Sedangkan komposisi fisik batang singkong dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kualitas fisik batang singkong

Komponen	Kandungan (%)
Kulit kayu	29,75
Gabus	4,46
Kayu	65,79

Sumber : Widodo (2013).

2.1.2 Perkembangan Luas Panen, Produksi dan Produktivitas

Pertumbuhan produksi singkong dunia selama tahun 2012-2016 cenderung meningkat dengan laju peningkatan produksi rata-rata sebesar 2,70% per tahun atau produksi rata-rata mencapai 258,10 juta ton umbi basah. Selama periode 2012-2016 di antara negara-negara penghasil singkong, Nigeria adalah produsen tertinggi dengan rata-rata produksi sebesar 48,38 juta ton atau pangsa produksi sebesar 18,74%, diikuti oleh Thailand dengan rata-rata produksi sebesar 48,38 juta ton atau pangsa produksi sebesar 10,38% dan Indonesia dengan rata-rata produksi mencapai 23,90 juta ton atau pangsa produksi mencapai 9,26% (Pusdatin, 2016).

Perkembangan rata-rata luas panen dan produksi singkong antara tahun 2012-2016, menempatkan Provinsi Lampung berada di urutan pertama. Menempatkan Provinsi Lampung berada di urutan ketiga di Indonesia sebagai sentra produktivitas singkong dengan rata-rata produksi singkong sebesar 262,04 kuintal per hektar (Pusdatin, 2016).

2.1.3 Potensi Limbah Batang Singkong

Pemanfaatan dari limbah batang ubi kayu ini belum optimal karena hanya 10% tinggi batang yang dapat dimanfaatkan untuk ditanam kembali dan 90% sisanya merupakan limbah (Sumada dkk, 2011) Kandungan utama batang

pohon singkong adalah selulosa ($21,43 \pm 0,17\%$), protein kasar ($2,72 \pm 0,29$) dan pati ($8,41 \pm 0,32\%$) (Sovorawet & Kongkiattikajorn, 2012). Hasil lain ditunjukkan oleh penelitian Han *et al* (2011), batang pohon singkong memiliki kandungan hemiselulosa 24,3%; selulosa 35,2%; lignin 33,8% dan kadar abu 2,2%.

Limbah batang singkong memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam produksi bahan bakar karena kandungan lignoelulosa dan non-toksisitasnya. Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk memanfaatkan limbah batang singkong sebagai bahan baku produksi bahan bakar. Limbah batang singkong dan batubara yang dicampurkan dikarbonisasi pada suhu 160°C sebagai bahan baku pembuatan briket bio-batubara (Ikelle dkk., 2017).



Gambar 1. Limbah batang singkong

2.2 Briket

Briket adalah sebuah blok bahan yang dapat dibakar yang digunakan sebagai bahan bakar untuk memulai dan mempertahankan nyala api. Briket yang paling umum digunakan adalah briket batu bara, briket arang, briket gambut, dan briket biomassa. Bahan baku briket diketahui dekat dengan masyarakat pertanian karena biomassa limbah hasil pertanian dapat dijadikan briket. Penggunaan briket,

terutama briket yang dihasilkan dari biomassa, dapat menggantikan penggunaan bahan bakar fosil.

Briket merupakan konversi dari sumber energi padat berupa batubara yang dibentuk dan dicampur dengan bahan baku lain sehingga memiliki nilai kalor yang lebih rendah daripada nilai kalor batubara itu sendiri. Batubara dan campuran lain yang digunakan untuk membuat briket akan melalui proses pembakaran tidak sempurna sehingga tidak sampai menjadi abu atau biasa disebut dengan proses pengarangan (karbonisasi). Selanjutnya arang tersebut dicampur dengan perekat, dipadatkan dan dikeringkan kemudian disebut sebagai briket.

2.2.1 Jenis Briket Batubara

Menurut Kuncoro (2005), berdasarkan teknik pembuatannya, briket batubara dibagi menjadi dua jenis, yaitu briket batubara karbonisasi dan tanpa karbonisasi.

1. Briket Batubara Karbonisasi

Batubara Indonesia sebagian besar adalah subbituminus yang mengandung zat terbang (volatile matter) yang tinggi sehingga berpotensi menimbulkan asap saat dibakar bila proses pembakarannya tidak baik. Oleh sebab itu, dilakukan karbonisasi batubara atau diarangkan terlebih dahulu. Briket batubara karbonisasi adalah briket batubara yang bahan bakunya (batubara) dikarbonisasi sebelum menjadi briket. Dengan karbonisasi zat-zat terbang yang terkandung dalam batubara tersebut diturunkan serendah mungkin sehingga produk akhirnya tidak berbau dan berasap.

Proses karbonisasi meliputi tahap pemanasan batubara dalam kondisi udara terbatas atau tanpa udara sehingga zat terbang berupa ter, minyak serta gas akan menguap dan yang tersisa hanya sebagian besar arang batubara (fixed carbon). Arang batubara yang dihasilkan tersebut masih bersifat rapuh dan berukuran tidak seragam sehingga diperlukan proses penggerusan dan pembriketan agar diperoleh bentuk yang seragam, kompak dan sifat fisiknya kuat. Oleh karena melalui proses karbonisasi, harga briket batubara karbonisasi dapat mencapai dua kali briket tanpa karbonisasi. Namun, kelebihan lainnya adalah kalor (panas) yang dikandung briket per satuan beratnya lebih tinggi. Briket batubara jenis ini aman digunakan untuk rumah tangga sekalipun.

2. Briket Batubara Tanpa Karbonisasi

Briket jenis ini dikembangkan untuk menghasilkan produk yang lebih murah namun tetap aman. Bahan baku batubara untuk briket jenis ini tidak dikarbonisasi sebelum diproses menjadi briket. Untuk mengurangi atau menghilangkan zat terbang yang masih terkandung dalam briket batubara maka pada penggunaannya harus menggunakan tungku yang benar sehingga menghasilkan pembakaran sempurna dimana seluruh zat terbang yang muncul dari briket akan habis terbakar oleh lidah api dipermukaan tungku. Briket ini dianjurkan untuk industri kecil. Dibandingkan dengan briket batubara karbonisasi, pemanfaatan briket batubara tanpa karbonisasi lebih mudah dan murah. Namun, perlu diingat bahwa batubara mengandung zat terbang (volatile matter) yang tinggi sangat berpotensi menimbulkan asap pada saat

dibakar. Oleh sebab itu, perlu dirancang kompor yang khusus menggunakan briket batubara tanpa karbonisasi.

2.2.2 Pembuatan Briket

Proses produksi briket melalui beberapa tahap langkah. Adapun langkah-langkah pembuatan briket sebagai berikut :

1. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku yang disiapkan dan dibersihkan dari material-material tidak berguna, seperti batu dan sebagainya. Kemudian bahan baku dikeringkan sebelum dikarbonisasi.

2. Proses Karbonisasi

Proses pengarangan atau karbonisasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan drum bekas yang telah bersih. Drum atau kiln tersebut terlebih dahulu diberi lubang-lubang kecil dengan paku pada bagian dasar agar tetap ada udara yang masuk ke dalam drum.

3. Pengecilan Ukuran Bahan

Pengecilan ukuran bahan baku hingga halus bertujuan untuk mendapatkan bahan briket yang bagus. Hasil pengecilan bahan kemudian diayak, pengayakan bermaksud untuk menghasilkan serbuk yang halus.

4. Pencampuran

Bahan perekat dicampur dengan arang yang telah halus sampai membentuk semacam adonan. Bahan perekat ini dimaksudkan agar briket tidak mudah pecah ketika dibakar.

5. Pencetakan

Bahan-bahan yang telah tercampur secara merata kemudian dilakukan pencetakan adonan. Bentuk cetakan yang akan dibuat bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Caranya adalah adonan dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian ditekan atau dikempa hingga mampat.

6. Pengeringan

Briket yang telah dicetak langsung dikeringkan, agar briket cepat menyala dan tidak berasap. Pengeringan dapat dilakukan di bawah sinar matahari atau oven.

2.2.3 Parameter Briket

Kualitas briket yang baik adalah yang memiliki kandungan karbon yang besar dan kandungan sedikit abu. Sehingga mudah terbakar, menghasilkan energi panas yang tinggi dan tahan lama. Sementara Briket kualitas rendah adalah yang berbau menyengat saat dibakar, sulit dinyalakan dan tidak tahan lama. Jumlah kalori yang baik dalam briket adalah 5000 kalori dan kandungan abunya hanya sekitar 8% (Sofyan Yusuf, 2013).

Syarat briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Mudah dinyalakan
- b. Tidak mengeluarkan asap
- c. Emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun
- d. Kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama

- e. Menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik. (Nursyiwan dan Nuryei, 2005).

Menurut Ndraha (2009), parameter kualitas briket yang mempengaruhi pemanfaatannya ialah sebagai berikut :

1. Kadar air briket

Air yang terkandung di dalam briket bersifat sebagai pelarut dari beberapa komponen disamping ikut sebagai bahan pereaksi. Selain itu, air juga bertindak sebagai bahan pengikat (*binding agent*) dan pelumas (Kaliyan dan Morey, 2006). Kadar air sangat mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Semakin rendah kadar air, maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin tinggi dan sebaliknya semakin tinggi kadar air, maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin rendah (Maryono dkk., 2013).

2. Kadar abu

Penentuan kadar abu dimaksudkan untuk mengetahui bagian yang tidak terbakar yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi setelah briket dibakar. Kadar abu sebanding dengan kandungan bahan anorganik yang terdapat di dalam briket (Maryono dkk., 2013). Kadar abu pada briket akan berdampak negatif pada proses pembakaran. Selain itu kadar abu pada briket yang tinggi tidak diharapkan karena dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar. Hal ini dikarenakan abu dapat menyebabkan timbulnya kerak atau *slag* dalam alat pembakaran yang disebabkan oleh mencairnya abu (Ohman *et al.*, 2009).

3. Kadar bahan mudah menguap

Kadar bahan mudah menguap erat kaitannya dengan kecepatan pembakaran,

waktu pembakaran, dan banyaknya asap yang ditimbulkan pada saat pembakaran. Semakin banyak kandungan bahan mudah menguap pada bahan, maka ketika berlangsungnya pembakaran akan menimbulkan asap yang banyak (Hansen *et al.*, 2009). Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol yang ada pada bahan biomassa atau batubara (Hendra dan Darmawan, 2000).

4. Kadar karbon terikat

Kadar karbon merupakan fraksi karbon yang terikat di dalam bahan selain fraksi air, bahan mudah menguap, dan abu. Keberadaan karbon terikat di dalam briket dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat menguap. Kadar karbon terikat akan bernilai tinggi apabila nilai kadar abu dan kadar zat menguap pada briket rendah (Wijayanti, 2009).

5. Nilai kalor

Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket. Semakin tinggi nilai kalor, semakin baik kualitas briket yang dihasilkan. Tinggi rendahnya nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air dan kadar karbon terikat (Wijayanti, 2009)



Gambar 2. Briket

Tabel 2. Perbandingan Mutu Briket Hasil Penelitian Berdasarkan SNI

Jenis uji	Satuan	Persyaratan
Kadar air	(%)	Maksimal 8
Kadar abu	(%)	Maksimal 8
Fixed carbon	(%)	Minimal 77
Kerapatan	(g/cm ³)	0,44
Nilai kalor	(kal/g)	4400
Kuat tekan	(kg/cm ²)	65
Daya tahan banting	(%)	Minimal 95

Sumber : SNI 01-6235-2000

2.3 Batubara

Batubara merupakan hasil tambang yang berasal dari tumbuhan yang terpendam selama jutaan tahun dan telah membatu (fosil), berbentuk padat serta berwarna hitam. Batubara adalah sumber energi pilihan utama yang diharapkan mampu menggantikan posisi minyak bumi. Baik minyak bumi maupun batubara, berasal dari sumber yang sama, yakni karbon (C). Minyak bumi berupa karbon cair sedangkan batubara merupakan karbon padat.

2.3.1 Klasifikasi Batubara

Batubara diklasifikasikan untuk mengelompokkan batubara tersebut menurut jenis dan kualitasnya. Klasifikasi batubara dibuat berdasarkan data analisa dan pengujian batubara diantaranya adalah :

- a. Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- b. Bituminus mengandung 68 – 86% unsur karbon (C) dan mengandung kadar air 8 – 10% dari beratnya.

- c. Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- d. Lignit atau batubara coklat adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung kadar air 35 – 75% dari beratnya, kadar abunya 26,24% dengan nilai kalor yang rendah yaitu 5.827 kkal/kg (Sukandarrumidi,1995)
- e. Gambut berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.



Gambar 3. Batubara

2.4 Perekat

Perekat adalah suatu bahan yang mampu menggabungkan bahan dengan cara perpautan antara permukaan yang dapat diterangkan dengan prinsip kohesi dan adhesi. Tujuan pemberian perekat (bahan pengikat) adalah untuk memberikan lapisan tipis dari perekat pada permukaan briket sebagai upaya memperbaiki konsistensi atau kerapatan dari briket yang dihasilkan. Dengan pemakaian perekat maka tekanan yang diperlukan akan jauh lebih kecil dibandingkan dengan briket tanpa memakai bahan pengikat (Boedjang, 1973).

Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembriketan maka diperlukan zat perekat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Berdasarkan fungsi dari perekat dan kualitas perekat itu sendiri, pemilihan bahan perekat dapat dibagi sebagai berikut :

1. Berdasarkan sifat atau bahan baku perekatan briket

Adapun karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut :

- a. Memiliki gaya *kohesi* yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batubara.
- b. Mudah terbakar dan tidak berasap.
- c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
- d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

Adapun bahan perekat organik yang umumnya digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung tapioka. Tapioka memiliki sifat-sifat fisik yang serupa dengan pati sagu, sehingga penggunaan keduanya dapat dipertukarkan.

Tapioka sering digunakan untuk membuat makanan dan bahan perekat (Triono 2006). Bahan perekat dari tumbuh-tumbuhan seperti pati (tapioka) memiliki keuntungan dimana jumlah perekat yang dibutuhkan untuk jenis ini jauh lebih sedikit dibandingkan dengan bahan perekat hidrokarbon. Namun kelemahannya adalah briket yang dihasilkan kurang tahan terhadap kelembaban. Hal ini disebabkan tapioka memiliki sifat dapat menyerap air dan udara.

Untuk briket yang digunakan di rumah tangga sebaiknya memakai bahan perekat yang tidak menimbulkan asap saat pembakaran seperti bahan perekat tepung tapioca. Tepung tapioka hampir seluruhnya terdiri dari pati, pati tapioka mempunyai sifat yang menguntungkan dalam pengolahan pangan, kemurnian larutannya tinggi, kekuatan gel yang baik dan daya rekat yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai bahan perekat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2019 yang bertempat di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian, dan Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan bahan bakar briket dari limbah batang singkong diantaranya: *perajang batang singkong tipe TEP-1, screw press briquette, Hammer mill, drying oven, bomb calorimeter, ember, nampan, gelas ukur, timbangan analitik, cawan, stopwatch, lesung, penjepit, desikator, kompor, panci, wadah pengaduk, sendok pengaduk, kertas label, korek api, jangka sorong digital, cawan alumunium, ayakan tyler einzerII ukuran mesh 25 dan 40, laptop, kamera dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah batang singkong (jenis kasetsart, thailand, dan mentega) perekat tepung tapioka, batubara BA64 yang diperoleh dari PT Bukit Asam Tbk (PTBA) Unit Natar, air, dan minyak tanah.*

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL)

faktorial dengan dua faktor, faktor pertama yaitu varietas limbah batang singkong (Kasesart, Thailand, Mentega) dan faktor kedua ukuran partikel batubara (25 mesh dan 40 mesh). Masing-masing kombinasi perlakuan diulang (U) sebanyak empat kali sehingga terdapat 24 satuan percobaan.

Tabel 3. Bagan Hasil Perambangan (Randomisasi) menurut RAL Faktorial

P2M1U1	P3M1U4	P2M2U4	P3M2U4
P3M2U3	P1M1U3	P2M1U2	P2M2U2
P2M2U3	P1M1U4	P2M2U1	P2M1U4
P3M1U1	P1M1U1	P2M1U3	P1M2U4
P1M2U2	P3M1U3	P1M2U3	P3M2U1
P3M1U2	P1M1U2	P3M2U2	P1M2U1

Keterangan : alur randomisasi lengkap.

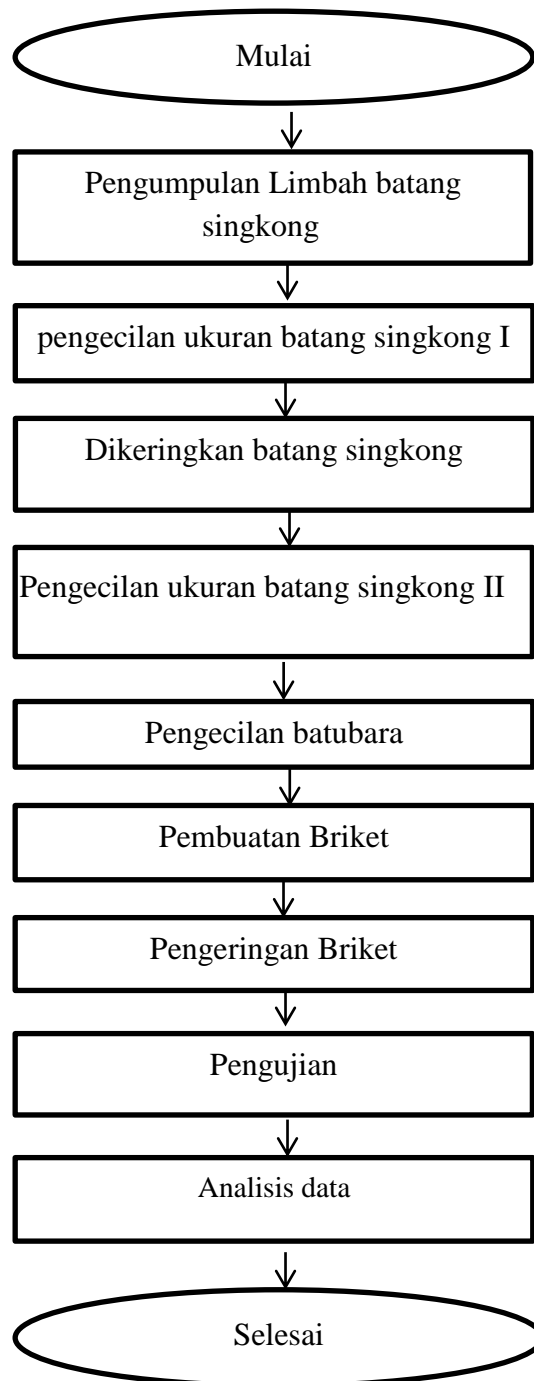
3.4 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa tahap yang meliputi persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan, pengecilan ukuran limbah batang singkong dan batubara, pengeringan cacahan limbah batang singkong dan batubara, penggilingan cacahan limbah batang singkong dan batubara, pencampuran partikel limbah batang singkong dan batubara dengan perekat tapioka, pencetakan briket, pengeringan briket yang telah dicetak, pengujian briket berdasarkan aspek parameter pengujian, dan analisis data.

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Langkah utama dalam pelaksanaan penelitian ini ialah proses persiapan alat dan bahan baku yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Sebagian besar alat-alat yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian sudah tersedia di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian, dan Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian,

Universitas Lampung. Sedangkan bahan-bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini ialah limbah batang singkong varietas Kasesart, Thailand dan Mentega yang diperoleh dari petani singkong di Lampung Tengah, batubara BA64 yang diperoleh dari PT. Bukit Asam Tbk (PTBA) Unit Natar, dan perekat tepung tapioka.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3.4.2 Pengecilan Ukuran Batang Singkong I

Limbah batang singkong diperkecil ukurannya dengan dicacah menjadi cacahan berukuran 0,5-0,2 cm menggunakan alat *perajang batang singkong tipe TEP-1*.

3.4.3 Pengeringan Cacahan Batang Singkong

Cacahan limbah batang singkong yang telah berukuran 0,5-0,2 cm kemudian dikeringkan menggunakan tenaga matahari selama 5 hingga 6 hari sampai kadar air mencapai 8-12%. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir kandungan air *internal* (air senyawa/unsur) dan air *external* (air mekanikal) pada cacahan limbah batang singkong.

3.4.4 Pengecilan Ukuran Batang Singkong II

Bahan baku pembuatan briket harus cukup halus untuk dapat membentuk briket yang baik. Ukuran cacahan limbah batang singkong yang terlalu besar akan sukar untuk menyatu satu sama lain pada saat dilakukan perekatan, sehingga mengurangi kekuatan mekanik briket yang dihasilkan. Oleh sebab itu, cacahan limbah batang singkong digiling menjadi serbuk halus secara mekanis menggunakan *Hammer mill* agar bentuk dan ukurannya seragam, dilakukan penggilingan hingga dua kali agar dihasilkan serbuk limbah batang singkong. Selanjutnya, hasil penggilingan berupa serbuk halus limbah batang singkong diayak dan disaring menggunakan ayakan *tyler meinzer II* pada skala 25 mesh.

3.4.5 Pengecilan Batubara

Batubara diperkecil ukurannya secara manual dengan ditumbuk menggunakan alu. Kemudian diayak dan disaring menggunakan ayakan *tyler meinzer II* yang memiliki skala 25 mesh dan 40 mesh

3.4.6 Pembuatan Briket

Dalam pembuatan briket dilakukan pencampuran serbuk batang singkong dan serbuk batubara dan ditambahkan perekat tepung tapioka. Untuk pembuatan perekat ini menggunakan persentase 15% dari 600 gram bobot adonan yang digunakan untuk pembuatan briket. Pembuatan perekat dari campuran tepung tapioka dan air dengan perbandingan 1:10. Proses pembuatannya yaitu dengan mencampurkan tepung tapioka dan air diaduk sampai merata dan mengental kemudian dipanaskan diatas kompor menyala. perekat tapioka sudah dapat digunakan apabila campuran tepung tapioka dan air udah mengental dan berubah menjadi transparan dan akan terasa lengket apabila disentuh. Setelah semua bahan sudah homogen, kemudian dicetak menggunakan alat *screw press briquette* dengan diameter 5 cm dan tinggi 7 cm. Selanjutnya adonan briket ini akan terdorong ke dalam ruang kompresi, sehingga adonan briket tersebut mendapatkan tekanan yang cukup tinggi. Tekanan tersebut akan mengakibatkan kecepatan geser yang sangat tinggi sehingga adonan briket dikeluarkan melalui di ujung selubung cetakan yang berbentuk silinder pejal. Persentase adonan briket *biocoal* yang digunakan adalah sebaga berikut : 52,17% batang singkong, 34,78% batubara, dan 13,4% perekat tapioka dengan total 100%.



Gambar 5. Alat pencetak dan pengempa briket tipe ulir

Tabel 4. Formulasi bobot adonan briket.

Varietas Singkong	Ukuran partikel (mesh)	Formulasi Bobot Adonan (gram)			Total
		Serbuk batang singkong	Batubara	Perekat tepung tapioka	
Kasesart	25	360	240	90	950
	40	360	240	90	950
Thailand	25	360	240	90	950
	40	360	240	90	950
Mentega	25	360	240	90	950
	40	360	240	90	950

3.4.7 Pengeringan Briket

Briket batubara yang telah dicetak masih memiliki kadar air yang cukup tinggi, sehingga bersifat basah dan lunak. Setelah dicetak, briket tidak dapat langsung dikeringkan di bawah sinar matahari, kemudian dikeringkan dengan dijemur dibawah sinar matahari selama 5 hingga 6 hari. Hal tersebut bertujuan mengurangi kandungan *air internal* (air senyawa) dan *air external* (air mekanikal) pada briket sehingga sesuai dengan ketentuan kadar air briket yang berlaku.

3.4.8 Pengujian Briket

Pengujian briket sesuai parameter yang sudah ditetapkan sebagai berikut:

1. Kerapatan (*Unit Density*)

Pengukuran kerapatan briket bertujuan untuk mencegah kerapuhan pada briket. Kerapatan briket dinyatakan dalam perbandingan antara bobot briket dengan volume briket (g/cm³). Kerapatan briket dapat diketahui dengan menimbang briket dan menghitung volumenya berdasarkan panjang dan diameter sesuai persamaan berikut (Liu *et al.*, 2013) :

$$V_u = \frac{\pi}{4} D^2 l \dots\dots\dots (1)$$

$$\rho_u = \frac{M_u}{V_u} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

ρ_u : Kerapatan briket (unit density) (g/cm³)

V_u : Volume briket (cm³)

M_u : Bobot briket (g)

D : Diameter briket (cm)

l : Panjang briket (cm).

2. Kadar Air (*Moisture Content*)

Kadar air briket ditentukan dengan cara pengeringan di dalam *oven*. Sebanyak 3 gram sampel yang telah dihaluskan ditimbang dengan teliti dan ditempatkan dalam cawan aluminium yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu 105°C selama 24 jam hingga bobot konstan, selanjutnya sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum ditimbang beratnya. Untuk mengetahui kadar air briket maka dilakukan pengujian kadar air briket menggunakan persamaan sebagai berikut::

$$M = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

M : Kadar air (%bb)

W_a : Bobot awal sampel (g)

W_b : Bobot akhir sampel (g)

3. Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Pengujian terhadap nilai kalor bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai panas pembakaran yang dihasilkan oleh briket, karena nilai kalor sangat menentukan kualitas briket. Semakin tinggi nilai kalor suatu briket, maka semakin baik pula kualitas dari briket tersebut

Pengukuran nilai kalor briket dilakukan menggunakan *bomb calorimeter*. Sebanyak 0,45 gram sampel tiap perlakuan yang telah dihaluskan ditimbang dengan teliti dalam mangkok platina yang disediakan. Selanjutnya, dipasang benang penyulut pada *vessel bomb calorimeter*. Kaitkan mangkok platina yang telah berisi sampel ke kawat dan masukkan ke dalam *vessel bomb calorimeter*. Isilah *vessel bomb calorimeter* dengan oksigen hingga tekanan mencapai 3000 kPa. Kemudian, nyalakan *bomb calorimeter* dan input data berat sampel dari hasil penimbangan sebelumnya. Masukkan *vessel bomb calorimeter* ke dalam *bomb calorimeter* dan tutup dengan rapat dan kencang. Setelah itu, *bomb calorimeter* akan bekerja. Tunggulah beberapa saat hingga nilai kalor briket ditampilkan di layar. Ambil *vessel bomb calorimeter* dan buang tekanan yang ada hingga *bomb calorimeter* tidak bertekanan sama sekali (DDS Calorimeters, 2016).

4. Laju Pembakaran (*Burning Rate*)

Pengujian laju pembakaran briket dilakukan dalam tungku berbentuk silinder yang terbuat dari tanah liat. Sebelum briket disusun ke dalam tungku, terlebih dahulu briket yang akan dinyalakan ditimbang untuk mengetahui bobot briket tiap perlakuan. Proses penyalaan briket dimulai dengan menyusun satu lapisan

briket di atas saringan kawat, kemudian di bawah saringan kawat tersebut dibakar bahan penyulut berupa potongan kayu hasil gergajian yang telah disiram dengan minyak tanah. Setelah briket menyala dan membara, briket disusun diatas tungku. Agar bara briket lebih cepat menyebar, maka briket yang baru menyala dan membara dikipas secara terus-menerus selama 10-15 menit dan dihitung menggunakan stopwatch.

Uji laju pembakaran briket dilakukan untuk mengetahui berkurangnya bobot briket per satuan waktu selama pembakaran berlangsung. Dengan kata lain, laju pembakaran briket ialah perbandingan bobot briket yang terbakar terhadap lama pembakaran briket hingga menjadi abu. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju pembakaran adalah (Onuegbu dkk., 2011) :

$$\text{Laju pembakaran } (L_p) = \frac{M}{t} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan : L_p = Laju pembakaran (g/menit)

M = Bobot sampel (g)

t = Waktu pembakaran (menit)

5. *Shatter Resistance Index*

Pengujian shatter index bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketahanan briket saat terkena benturan dengan benda keras sehingga berguna pada saat proses pengemasan, pesndistribusian, dan penyimpanan (Satmoko, 2013: 20)

$$\text{Shatter Resistance Index (SRI)} = \left(1 - \left(\frac{M_a - M_b}{M_a}\right)\right) \times 100 \% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan : SI = *Shatter Resistance Index* (%)

M_a = Bobot awal (g)

M_b = Bobot akhir (g)

6. Kekuatan Tekan

Mengukur kekuatan briket dengan cara memberikan beban pada briket dengan cara memberikan beban pada briket pada posisi vertical hingga briket retak atau pecah. Tekanan dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan tekan (P)} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan : P = Kekuatan tekanan (kg/cm²)

F = Beban yang diberikan pada briket (kg)

A = Luas permukaan briket (cm²)

7. Suhu Dasar Plat Pemasakan (panci)

Disiapkan sampel setiap perlakuan, jadi ada 6 sampel yang digunakan dan masing-masing sampel briket dengan bobot 200 gram. Disiapkan batu bata, kemudian disusun batu bata membentuk persegi dan letakkan kawat kasa diatas batu bata. Setelah itu, Untuk meningkatkan kelancaran pembakaran pada umumnya dilakukan dengan cara memberikan pemanasan awal atau penyulut. Bahan penyulut yang sering dipakai adalah potong-potongan kayu atau sebagian briket dicelupkan kedalam minyak tanah (Tamrin,2010).

Proses penyalanya dimulai dengan menyusun satu lapisan briket diatas kawat kasa Setelah briket sudah membara, plat pemasakan (panci) dengan diameter 17 cm diletakkan diatas batu bata yang di dalamnya berisi briket yang menyala dan jarak antara plat pemasakan (panci) dengan briket berkisar 3 – 4 cm. Pengukuran suhu dasar plat pemasakan (panci) dengan menggunakan alat termokopel. Jarak waktu pengukuran suhu dasar plat

pemasakan (panci) selama 2 menit sampai briket padam, pengukuran waktu ini dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*

3.4.9 Analisa Data

Data hasil percobaan dan pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), kemudian analisis dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk melihat perbedaan pengaruh dari masing-masing perlakuan pada selang kepercayaan 95% atau pada nilai $\alpha = 0,05$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Limbah batang singkong dengan penambahan batubara dan perekat tapioka dapat dimanfaatkan sebagai briket *biocoal*
2. Varietas batang singkong tidak berpengaruh nyata terhadap densitas, nilai kalor, kekuatan tekan, shatter resistance index, laju pembakaran dan suhu dasar plat pemasakan.
3. Ukuran partikel batubara berpengaruh nyata terhadap densitas, kekuatan tekan, shatter resistance index, karena semakin kecil ukuran partikel maka akan meningkatkan nilai densitas, kekuatan tekan dan shatter resistance index. Sedangkan pada laju pembakaran, semakin besar ukuran partikel maka akan meningkatkan laju pembakaran, nilai kalor dan suhu dasar plat pemasakan.
4. Hasil karakteristik setelah pengujian briket sebagai berikut : densitas 0,39 - 0,42 g/cm³, kadar air 5,17 - 6,62 %, Nilai kalor 4658 – 5048 kal/g, Kekuatan tekan 5,00 - 5,13 kg/cm², Shatter resistance index 99,91 - 99,96%, laju pembakaran 0,34 – 0,39 g/menit dan suhu dasar panci 321°C - 406°C pada waktu 16-20 menit dengan massa briket 200 g. Briket *biocoal* ini layak untuk digunakan memasak di dapur karena telah melewati suhu minimal (180°C)

yang dapat digunakan untuk mendidihkan minyak dalam menggoreng bahan makanan.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membuat briket dengan alat pencetak lainnya dari bahan baku limbah batang singkong dan campuran batubara dengan ukuran partikel lebih kasar.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mencari nilai optimal persentase komposisi batang singkong dan batubara yang dapat dimanfaatkan sebagai briket *biocoal*.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membuat briket *biocoal* dengan alat *press* untuk meningkatkan kekuatan tekan briket *biocoal*.
4. Briket *biocoal* dapat sebagai bahan bakar untuk memasak didapur atau untuk keperluan pemanas lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arni L., Hosiana M.D., Nismayanti A. 2014. Studi Uji Karakteristik Fisis Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Journal of Natural Science*. 3(1): 89-98
- Bargumono. 2012. *Budidaya Tanaman Singkong*. Halaman 4-25.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Tanaman Pangan Menurut Provinsi (Dinamis)*. (<http://www.bps.go.id-webbeta-frontend-site-pilihdata>). Diakses pada tanggal 22 Oktober 2018
- Badan Standarisasi Nasional, 2000. *Wood Charcoal Briquette*, SNI 01-6235-2000. Jakarta.
- Boedjang. 1973. *Pembuatan Arang Cetak Laporan Karya Utama*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- DDS Calorimeters. 2016. *Cal2K Operating Manual V4.8*. Gauteng. DDS Calorimeters.
- Dogra, S.K, Dogra. 1987. *Kimia fisika dan soal-soal*. Jakarta: UI Press
- Faizal, Muhammad, Ismira Andynaprawati dan Puput Destriana. 2014. Pengaruh Komposisi Arang dan Perikat Terhadap Kualitas Biobriket dari Kayu Karet. Palembang: *Jurnal Teknik kimia*. Vol. 20, No. 2:36-44.
- Hansen, M.T., 2009. *English Handbook for Wood Pellet Combustion. Intelligent Energy for Europe*. Europe.
- Hartanto S, Ratwati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 1(12).
- Hendra, D., dan Darmawan, S. 2000. Pembuatan Briket Arang dari Serbuk Gergajian Kayu dengan Penambahan Tempurung Kelapa. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 18 No. 1 : 1-9.

- Hilloks, J.R., Thresh, M.J., dan Bellotti, C.A. 2001. *Cassava Biology : Production and Utilization*. CABI Publishing. Oxon.
- Ikelle, I.I., Nworie, F.S., Ogah, A.O., dan Ilochi, N.O. 2017. Study On The Combustion Properties of Bio-Coal Briquette Blends Of Cassava Stalk. *ChemSearch Journal*. Vol.8 No.2 :29-34.
- Iriany. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol.2No.2 hal. 31-37
- Jamilatun, S. 2008. Sfat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu, *Jurnal Rekayasa Proses* Vol.2 No.2:39-40.
- Kaliyan, N., dan Morey, V.R. 2006. Factors Affecting Strength and Durability of Densified Products. *Conference Paper*. Oregon.
- Kuncoro, H.2005. *Kompur Briket Batubara*. Penebar Swadaya. Jakarta. 60 hlm
- Kurniawan, O., dan Marsono.2008. *Superkarbon: Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.
- Koesoemadinata.1980. *Geologi minyak dan Gas Bumi*. ITB. Bandung
- Liu, Z., Jiang, Z., Cai, Z., Fei, B., dan Liu, X. 2013. Effects Of Carbonization Conditions on Properties of Bamboo Pellets. *Renewable Energy*. Vol. 51 : 1-6.
- Martynis, M., Sundari, E., & Sari, E. (2013). Pembuatan biobriket dari limbah cangkang kakao. *Jurnal Litbang Industri* ,a kao. 1), 32 - 38.
- Maryono, Sudding, dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemical*. Vol. 14 No.1 : 74-83.
- Masturin, A. 2002. Sifat Fisik dan Kimia Briket dari Campuran Arang Limbah Gergajian Kayu [*Skripsi*]. Bogor. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Ndraha, N. 2009. Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan. [*Skripsi*]. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Novita, M.D., dan Damanhuri, E.2010. Perhitungan Nilai Kalor Berdasarkan Komposisi dan Karakteristik Sampah Perkotaan di Indonesia dalam Konsep Waste to Energy. *Journal Teknik Lingkungan*. Vol.16 No.2 : 103-104.
- Nursyiwani dan Nuryeti.2005. *Pembuatan Briket Arang dari Serbuk Gergaji*. Jakarta:LIPI.

- Ohman, M., Nystrom, I., dan Gilbe, C. 2009. Slag Formation During Combustion of Biomass Fuels. *International Conference on Solid Biofuels*. Beijing.
- Onuegbu, U.T., Ekpunobi, E.U., Ogbu, M.I., Ekeoma, M.O., dan Obumselu, F.O. 2011. Comparative Studies of Ignition Time and Water Boiling Test of Coal and Biomass Briquettes Blend. *IJJRAS*. Vol. 7 No.2 : 153-159.
- Priyanto, A., 2018. Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket Terhadap Kerapatan, Kadar Air dan Laju Pembakaran pada Briket Kayu Sengon. [Skripsi]. Universitas Merdeka Madiun. Madiun
- Pusdatin (Pusat Data dan Informasi Pertanian). 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Ubi Kayu*. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Saptoadi, H. dan Syamsiro, M., 2007. *Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara*
- Satmoko, M.E.A., Saputro, D.D., dan Budiyono A. 2013. Karakterisasi Briket Dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode Cetak Panas. *Journal Of Mechanical Engineering Learning*.
- Sinurat E. 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Makasar: Universitas Hasanudin
- Sumada, K., Tamara, E.P., dan Alqani, F. 2011. Kajian Proses Isolasi α -Selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Manihot Esculenta Crantz* yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.5 No.2 : 434-438.
- Soeparno, 1993, Pengaruh Tekanan Waktu Kempa dan Jenis Serbuk Pada Pembuatan Arang Gergajian Terhadap Rendemen dan Nilai Panas. [Tesis] Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Setiowaty., R dan Triono., F. 2014. Pengaruh Variasi Tekanan Pengepresan dan Komposisi Bahan terhadap Sifat Fisis Briket Arang. *Jurnal Neutrino* Vol 7 No 1 Oktober 2014
- Sukandarrumidi. (1995). Batubara dan Gambut. Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Suprapti, L.M. 2005. *Tepung Tapioka : Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Susilawati, S. Nurdjannah, dan M.R. Subatini. 2008. Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Singkong. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. Volume 13(2): 68-72.
- Tamrin. 2010. Pengembangan Tungku Briket Batubara Skala Rumah Tangga. *Agritech*. Vol. 30 No. 4 : 250-255.

- Tamrin.2010. Simulasi Perubahan Suhu dalam Ruangan Pembakaran Tertutup saat Pematian Bara Api Briket Batubara. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi III. Peran Strategis Sains dan Teknologi dalam Mencapai Kemandirian Bangsa*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Triono, A. 2006. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl.) dan Sengon (*Paraserianthes Falcataria* L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L.).[*Sikripsi*]. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Utomo, A., dan Primastuti., N. 2013. Pemanfaatan Teknologi Kimia dan Industri. Vol 2.No 2 Halaman 220
- Waspodo Yang Yang , P .P . & . (2009). *Pengaruh Perubahan Rancangan Anglo dan Berat Jenis Briket Arang Terhadap Peningkatan Efisiensi Panas*. Warta Industri Hasil Pertanian .
- Widodo. 2013. *Pemisahan Alpha Selulosa Dari Limbah Batang Singkong Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida*. UPN Veteran. Surabaya
- Wijayanti DS.2009. *Karakteristik Briket Arang Dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Sumatra Utara : Universitas Sumatra Utara.
- Yusuf, Sofyan.2013. *Briket, Energi Terbarukan Pengganti Batubara*. (http://muslimengineer1453.blogspot.com/2013/briket-energi-terbarukan-pengganti-batu_16.htm?m=1) Diakses pada tanggal 12 November 2018