



**ANALISIS ENERGI DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG
DARI KULIT SINGKONG DENGAN TEPUNG
TAPIOKA SEBAGAI PEREKAT**

SKRIPSI

Oleh
Feramita Eka Hirniah
NIM 161710201012

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020



**ANALISIS ENERGI DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG
DARI KULIT SINGKONG DENGAN TEPUNG
TAPIOKA SEBAGAI PEREKAT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Feramita Eka Hirniah
NIM 161710201012

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Suni'ah, Ayahanda Tohir Sukarno dan Adikku Dahyan Walidi Ramadhan;
2. Seluruh guru mulai Sekolah Dasar hingga bangku kuliah yang telah membimbing dan menuntun sampai menjadi seperti ini;
3. Seluruh sahabat yang telah banyak memberikan semangat dan motivasinya;
4. Seluruh teman-teman Teknik Pertanian angkatan 2016 yang telah banyak membantu;
5. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian.

MOTTO

Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah SWT. maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak disangka-sangka datangnya, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah SWT. maka cukuplah Allah SWT. baginya. Sesungguhnya Allah SWT. melaksanakan kehendakNya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya
(terjemahan QS. Ath-Thalaq: 2-3)

Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan
(terjemahan QS. Al-Insyirah: 5-6)

Allah tidak akan membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kemampuannya
(terjemahan QS. Al-Baqarah: 286)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Feramita Eka Hirniah

NIM : 161710201012

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “*Analisis Energi dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Singkong dengan Tepung Tapioka sebagai Perekat*” adalah benar hasil karya sendiri kecuali jika dalam pengutipan disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Maret 2020

Yang menyatakan,

Feramita Eka Hirniah

NIM. 161710201012

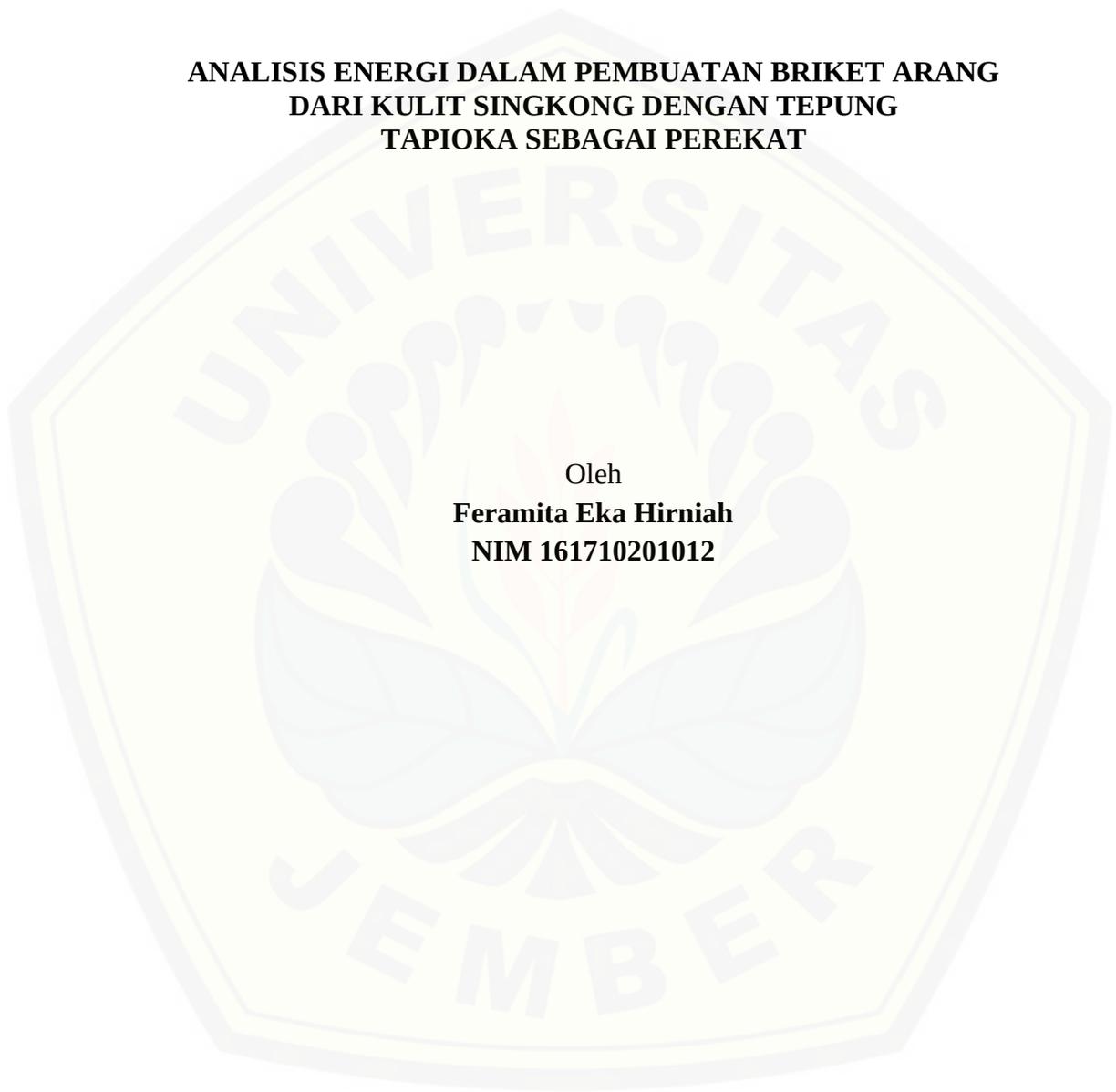
SKRIPSI

**ANALISIS ENERGI DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG
DARI KULIT SINGKONG DENGAN TEPUNG
TAPIOKA SEBAGAI PEREKAT**

Oleh

Feramita Eka Hirniah

NIM 161710201012



Dosen Pembimbing Skripsi :
Dr. Dedy Wirawan S., S.TP., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Analisis Energi dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Singkong dengan Tepung Tapioka sebagai Perekat*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 8 Juni 2020

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Skripsi

Dr. Dedy Wirawan S., S.TP., M.Si.
NIP. 197407071999031001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
NIP. 197211301999032001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Analisis Energi dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Singkong dengan Tepung Tapioka sebagai Perekat; Feramita Eka Hirniah, 161710201012; 2020; 56 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Briket arang termasuk bahan bakar alternatif yang murah dan dapat dikembangkan secara masal dalam waktu yang relatif singkat. Limbah kulit singkong dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar padat alternatif. Sumber bahan padat alternatif dapat berupa briket arang yang menghasilkan sumber energi panas. Singkong (*Manihot utillisma*) merupakan salah satu makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung bagi masyarakat Indonesia. Kulit singkong yang dijadikan briket arang juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Kulit singkong memiliki nilai kalor pembakaran sebesar 3843,84 kkal/gram yang menyebabkan kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama pembuatan briket arang. Pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai bahan baku briket arang digunakan untuk mengetahui layak atau tidaknya kulit singkong sebagai bahan bakar alternatif. Oleh karena itu, untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk menghasilkan briket arang yang baik menggunakan komposisi kulit singkong dan campuran tepung tapioka sebagai bahan perekat.

Variabel perlakuan dalam pembuatan briket ini yaitu pada pemberian kadar perekat tepung tapioka. Kadar perekat tepung tapioka yang digunakan yaitu 10%, 15%, dan 20% dari jumlah arang limbah kulit singkong. Limbah kulit singkong yang digunakan pada perekat 10% sebesar 40 g, pada perekat 15% sebesar 42,5 g dan pada perekat 20% sebesar 45 g persampel, sedangkan untuk kadar perekat tepung tapioka yang digunakan yaitu 5 g, 7,5 g, dan 10 g. Pemberian perekat pada briket sebesar 5 g, 7,5 g dan 10 g dilarutkan dengan air sebanyak 45 ml untuk jenis perekat tepung tapioka sehingga bobot briket yang dihasilkan yaitu 50 gram persampel. Analisa data yang digunakan yaitu uji statistik anova satu arah. Hasil dari penelitian ini didapat variabel pengamatan

data kadar air terkecil terdapat pada briket dengan pemberian kadar perekat sebanyak 15% sebesar 5,39%, kadar abu terendah terdapat pada briket dengan pemberian kadar perekat sebanyak 15% sebesar 4,54 %, nilai kalor tertinggi terdapat pada briket dengan kadar perekat 20% sebesar 5126,67 kal/g. laju pembakaran terlama terdapat pada jenis briket dengan pemberian kadar perekat 20% sebesar 0,39 g/menit, dan suhu pembakaran tertinggi terdapat pada briket dengan pemberian kadar perekat sebanyak 20% sebesar 200 °C. Komposisi briket terbaik terdapat pada briket dengan pemberian kadar perekat sebanyak 20%.



SUMMARY

Energy Analysis of Charcoal Briquettes from Cassava Peel with Tapioca Flour as an Adhesive; Feramita Eka Hirniah, 161710201012; 2020; 56 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University Jember.

Charcoal briquette includes cheap and affordable alternative fuel in a relatively short period of time. Waste cassava peel is useful as an alternative solid fuel source. Alternative solid materials can be a charcoal briquette that produces hot energy sources. Cassava (*manihot utilissima*) is one of the third staple food after rice and corn for the people of Indonesia. Cassava peel that is used as a charcoal briquette can also be used as alternative energy. Cassava peel has a combustion heat value of 3843.84 kcal/gram which causes cassava peel to be used as the main raw material for the manufacture of charcoal briquette. Waste utilization of cassava as a raw material of charcoal briquette is used to determine the proper or absence of cassava peel as an alternative fuel. Therefore, to achieve this it is necessary to do research to produce charcoal briquettes that are good using cassava composition and tapioca starch mixture as adhesive material.

Variable treatment in the making of this briquette was in the provision of tapioca flour adhesive levels. Tapioca flour adhesive levels used 10%, 15%, and 20% of cassava waste charcoal. The waste of cassava were used in 10% adhesive for 40 g, at 15% adhesive of 42.5 g and at 20% adhesive of 45 g sampling, while for the adhesive levels of tapioca flour used are 5 g, 7.5 g, and 10 g. The adhesive feeding on briquettes of 5 g, 7.5 g and 10 g was dissolved with water as much as 45. Analysis of the data used was a statistical test ANOVA one-way. The result of this research was obtained by the smallest water content observation variable found in briquette with the introduction of adhesive content as much as 15% by 5.39%, lowest ash content was on briquette with an adhesive rate of 15% of 4.54%, the highest heat value was on briquette with a 20% adhesive content of 5126.67 cal/g. Longest combustion rate was in the type of briquette with the

provision of adhesive content of 20% by 0.39 g/minute, and the highest combustion temperature in the briquette with a 20% adhesive rate of 200. The best briquette composition was in briquette with a 20% adhesive level.



PRAKATA

Puji syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu. Shalawat serta salam untuk tuntunan dan suri tauladan nabi besar nabi Muhammad SAW., beserta keluarga dan sahabat beliau yang senantiasa menjunjung tinggi nilai-nilai Islam yang sampai saat ini dapat dinikmati oleh seluruh manusia di penjuru dunia.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dengan judul skripsi “Analisis Energi dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Singkong dengan Tepung Tapioka sebagai Perekat”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku pembimbing skripsi yang telah sabar, tekun, tulus dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi.

Penyusunan skripsi ini banyak mendapat bantuan, bimbingan, dukungan, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan ilmu dan membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;
2. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng., selaku dosen penguji pertama sekaligus dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan selama masa studi;

3. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P, M.T., selaku dosen penguji kedua sekaligus ketua jurusan Teknik Pertanian yang selalu memberikan semangat dan masukan selama masa studi;
4. Rufiani Nadirah, S.TP., M.Sc., selaku Komisi Bimbingan yang telah memberikan arahan dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Seluruh dosen pengampuh matakuliah yang telah membimbing dan memberikan masukan untuk penelitian ini;
6. Keluarga besar Teknik Pertanian angkatan 2016 khususnya TEP B yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis;
7. Sahabat dan saudara Beta Lustia, Intan Ambarikma, Devira Maharani, Dila Alfi, Putri Kharisma, Bernadetha Putrinda, Bawon Rani, Elinda Sagita, Erinisa Yuniar, Nur Muslimah, Isti Uswatun, Verynika, Nurafiah Indira, Ultania Yisca, Nisma Seren dan Fiona Cahya;
8. Pak Agus dan Mas Ivo selaku teknisi Lab. Instrumentasi Jurusan Teknk Pertanian FTP UNEJ yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan informasi-informasi yang peneliti butuhkan;
9. Pak Ahib dan Pak Hardi selaku teknisi Lab. TPKL Jurusan Teknk Pertanian FTP UNEJ yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan informasi-informasi yang peneliti butuhkan;
10. Mas Agus selaku teknisi Lab. Alsintan Jurusan Teknk Pertanian FTP UNEJ yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan informasi-informasi yang peneliti butuhkan;
11. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan segala sesuatu selama studi;
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan banyak bantuan berupa tenaga maupun pikiran pada penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan baik dalam teknis penulisan maupun materi, mengingat kemampuan yang penulis miliki. Sehingga kritik dan saran sangat diharapkan untuk membangun demi kesempurnaan skripsi.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan informasi yang berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Jember, 13 Maret 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bahan Bakar Alternatif	4
2.2 Kulit Singkong	5
2.3 Biomassa	6
2.4 Briket Arang	9
2.5 Jenis-Jenis Briket	10
2.6 Karbonisasi	11
2.7 Perekat	14
2.8 Pengujian Briket Arang	15
2.8.1 Kadar Air	15
2.8.2 Kadar Abu	16
2.8.3 Nilai Kalor	17
2.8.4 Laju Pembakaran	18
2.8.5 Suhu Pembakaran	19
2.9 ANOVA Satu Arah	19
2.10 Penelitian Terdahulu	21

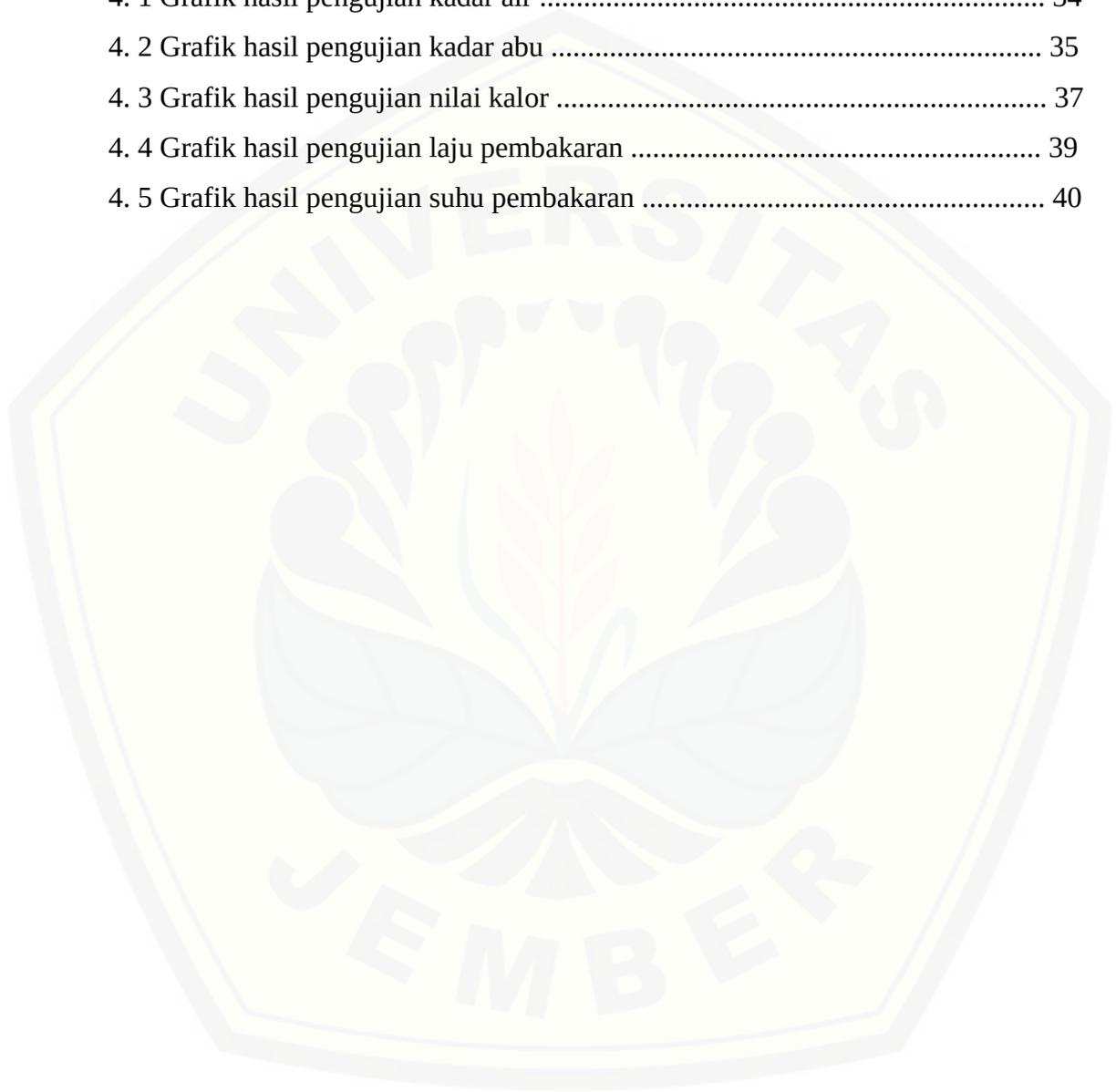
2.10.1 Desain Kalorimeter Bomb Biomassa dengan Metode Oksigen Dinamik	21
2.10.2 Pengaruh Variasi Jumlah Perikat Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa	21
2.10.3 Analisa Nilai Kalor dan Kadar Abu Briket Bioarang Campuran Serbuk Gergaji Kayu Johar dan Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Bahan Perikat	22
BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Prosedur Penelitian	25
3.3.1 Persiapan Bahan Baku	26
3.3.2 Karbonisasi	26
3.3.3 Pengecilan Ukuran dan Pengayakan	26
3.3.4 Proses Pembuatan Briket	27
3.3.5 Pencampuran Bahan Perikat dengan Arang	27
3.3.6 Pencetakan dan Pengepresan	27
3.3.7 Pengeringan Briket	27
3.3.8 Pengambilan Data	28
3.3.9 Analisis Data	30
3.3.10 Penentuan Komposisi Terbaik	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Analisis Data Statistik	32
4.2 Analisis Kadar Air	33
4.3 Analisis Kadar Abu	35
4.4 Analisis Nilai Kalor	36
4.5 Analisis Laju Pembakaran	38
4.6 Analisis Suhu Pembakaran	40
4.7 Komposisi Terbaik	41
BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Hasil uji kulit singkong	6
2. 2 Standar mutu briket	10
2. 3 Daftar analisa bahan perekat	14
2. 4 Format rumus-rumus untuk analisis varian satu arah	20
3. 1 Perbandingan bahan baku kulit singkong dengan tepung tapioka	27
4. 1 Analisis uji statistik anova satu arah dari semua perlakuan	32
4. 2 Analisis uji <i>Tukey</i> briket arang kulit singkong	33

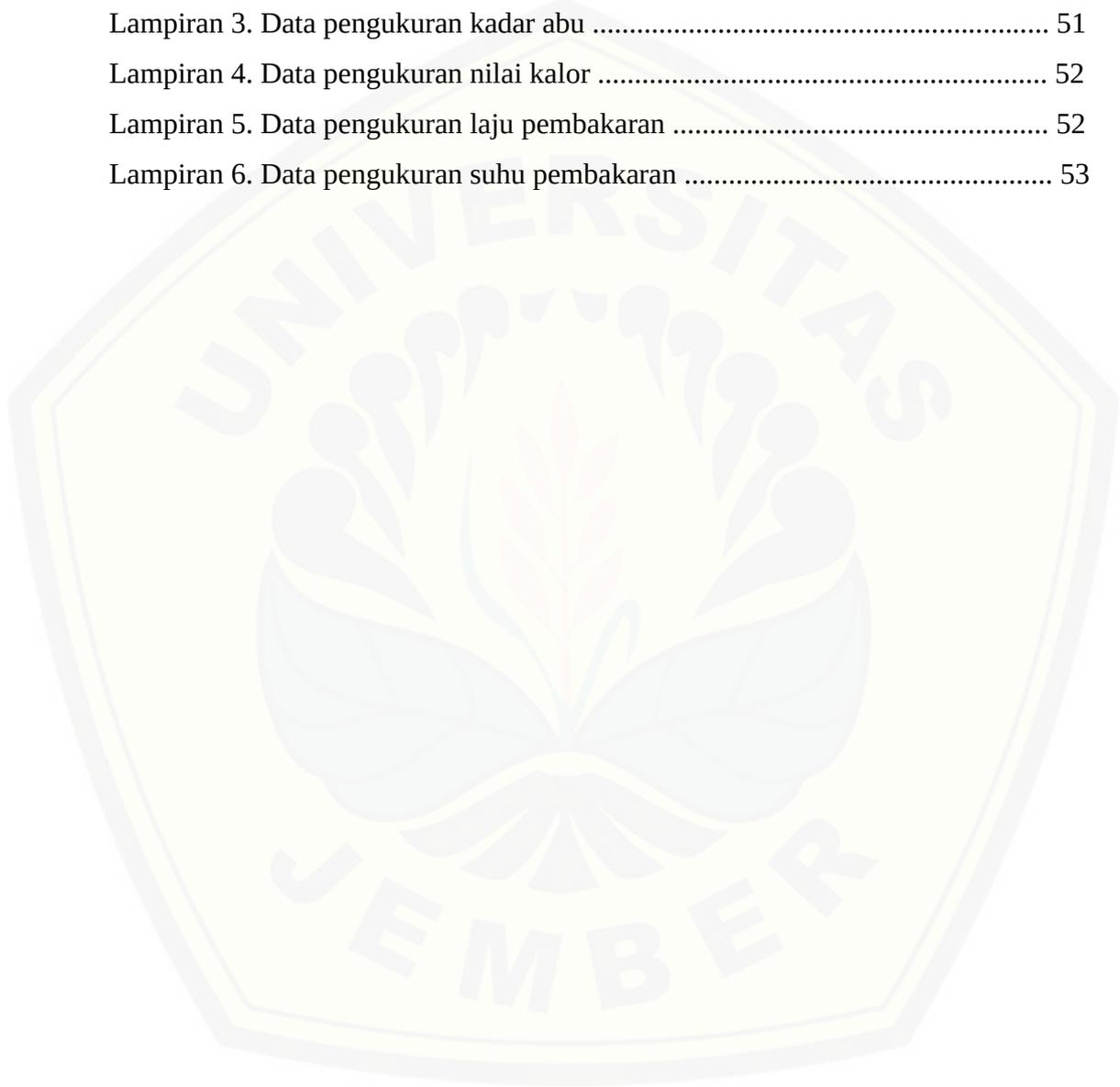
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3. 1 Diagram alir proses pembuatan briket kulit singkong	25
4. 1 Grafik hasil pengujian kadar air	34
4. 2 Grafik hasil pengujian kadar abu	35
4. 3 Grafik hasil pengujian nilai kalor	37
4. 4 Grafik hasil pengujian laju pembakaran	39
4. 5 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran	40



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi penelitian	48
Lampiran 2. Data pengukuran kadar air	51
Lampiran 3. Data pengukuran kadar abu	51
Lampiran 4. Data pengukuran nilai kalor	52
Lampiran 5. Data pengukuran laju pembakaran	52
Lampiran 6. Data pengukuran suhu pembakaran	53



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomassa merupakan sumber energi di dunia yang dapat diperbaharui. Kandungan energi yang terdapat dalam suatu biomassa cukup tinggi, yaitu antara 4.000-5000 kkal/kg. Umumnya, biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang memiliki nilai ekonomis rendah. Saat ini, Indonesia diprediksi mempunyai potensi energi biomassa cukup besar yang bersumber dari berbagai limbah biomassa pertanian. Salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan bakar yaitu biobriket arang (Wijaya, 2012). Biobriket atau briket arang merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari bahan biomassa atau limbah biomassa. Biobriket merupakan salah satu energi alternatif dengan memanfaatkan limbah untuk meningkatkan nilai tambah limbah hasil pertanian, seperti limbah kulit singkong (*Mannihot utilissima*) sebagai bentuk biomassa. Briket arang termasuk bahan bakar alternatif yang murah dan dapat dikembangkan secara masal dalam waktu yang relatif singkat. Limbah kulit singkong dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar padat alternatif. Sumber bahan padat alternatif dapat berupa briket arang yang menghasilkan sumber energi panas (Adan,1998).

Singkong (*Manihot utillisma*) merupakan salah satu makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung bagi masyarakat Indonesia. Tanaman singkong dapat tumbuh sepanjang tahun di daerah tropis dengan daya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi tanah yang ada di Indonesia. Kulit singkong merupakan salah satu limbah agroindustri pengolahan ketela pohon seperti industri tepung tapioka, industri fermentasi, dan industri pokok makanan (Suherman dan Melati, 2009). Di daerah Jawa Timur, khususnya Bondowoso merupakan sentra kota yang terkenal akan olahan tape dari singkong. Pembuatan tape singkong menghasilkan limbah kulit singkong yang tidak dimanfaatkan dan tidak menghasilkan nilai jual. Untuk meningkatkan nilai jualnya limbah kulit singkong dapat digunakan sebagai briket arang. Kulit singkong yang digunakan dalam menaikkan nilai harga jual berupa briket arang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Kulit singkong memiliki nilai kalor pembakaran sebesar 3843,84 kkal/gram yang menyebabkan

kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama pembuatan briket arang. Pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai bahan baku briket arang digunakan untuk mengetahui layak atau tidaknya kulit singkong sebagai bahan bakar alternatif. Oleh karena itu, untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk menghasilkan briket arang yang baik menggunakan komposisi kulit singkong dan campuran tepung tapioka sebagai bahan perekat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik briket arang (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) limbah kulit singkong dengan penambahan variasi kadar bahan perekat dari tepung tapioka?
2. Komposisi manakah yang terbaik dalam pembuatan briket arang kulit singkong dengan penambahan variasi kadar bahan perekat dari tepung tapioka?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu bahan baku yang digunakan dalam pembuatan briket dari kulit singkong dengan penambahan variasi kadar bahan perekat. Perlakuan variasi kadar tepung tapioka sebagai bahan perekat yang digunakan adalah 10%, 15% dan 20% dari jumlah kulit singkong yang digunakan sebagai bahan baku. Pengukuran dan pengujian yang akan dilakukan hanya analisis terhadap kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, dan suhu pembakaran. Analisis data yang digunakan dalam pembuatan briket ini menggunakan *analysis of varians* (ANOVA) satu arah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui karakteristik briket (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) limbah kulit singkong dengan penambahan variasi kadar bahan perekat dari tepung tapioka.

2. Mengetahui briket arang kulit singkong dengan penambahan variasi kadar perekat tepung tapioka yang mempunyai karakteristik baik untuk dijadikan bahan bakar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bagi IPTEK memberikan informasi bahwa limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan lagi sebagai energi alternatif berupa briket arang.
2. Bagi pemerintah memberikan informasi bahwa limbah kulit singkong yang tidak dimanfaatkan dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang mulai menipis.
3. Bagi masyarakat memberikan informasi dan wawasan kepada masyarakat dalam pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai energi alternatif briket arang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar Alternatif

Penggunaan energi semakin meningkat sejak keberadaan minyak bumi ditemukan untuk pertama kalinya pada awal abad ke-18. Penggunaan energi juga terus meningkat sejak adanya penemuan mesin berbahan bakar bensin dan solar. Hingga sekarang ini, penggunaan energi minyak bumi yang berasal dari fosil makhluk hidup yang tertimbun di dalam perut bumi memegang peranan penting dalam setiap kegiatan pembangunan. Sumber energi dapat didefinisikan sebagai kekayaan alam yang dapat memberikan sejumlah daya dan tenaga apabila diproses dan diolah serta bisa dimanfaatkan oleh masyarakat luas di dalam penyebarannya. Karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui secara cepat atau lambat, cadangan minyak bumi akan semakin berkurang di dalam perut bumi. Hal ini menjadi masalah krusial yang harus dicarikan jalan keluarnya (Kurniawan dan Marsono, 2008:5-6).

Tahun 1976 Indonesia pernah dilanda krisis energi dan kini kembali terjadi lagi. Setelah mengalami masa stabil, kini pembangunan tersendat lagi ketika harga minyak mentah di pasaran internasional melonjak tajam. Kenaikan harga minyak mentah ini telah mendekati nilai 140 dolar AS per barel pada Juni 2008. Direktorat Jenderal Kelistrikan dan Energi Alternatif mengatakan bahwa sejuta barel minyak bumi habis dalam sehari untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Hal ini setara dengan pengeluaran anggaran rutin sebesar 100 juta dolar AS atau sebanding dengan satu triliun rupiah yang harus dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia untuk menyelenggarakan pembangunan negeri (Kurniawan dan Marsono, 2008:6-7).

Sebagian besar dari energi tersebut digunakan untuk keperluan sarana transportasi, penerangan jalan dan rumah tangga. Oleh karena itu, untuk meringankan beban anggaran negara pemerintah menghimbau kepada masyarakat untuk mengadakan kegiatan penghematan energi dan menggunakan energi alternatif (Kurniawan dan Marsono, 2008:7).

2.2 Kulit Singkong

Singkong (*Manihot utilissima*) merupakan salah satu makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung bagi masyarakat Indonesia. Tanaman singkong dapat tumbuh sepanjang tahun di daerah tropis dengan daya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi tanah di Indonesia. Kandungan gizi yang dimiliki oleh tanaman ini cukup lengkap. Kandungan kimia dan zat gizi yang terdapat pada singkong adalah karbohidrat, lemak, protein, serat makanan, vitamin (B1, C), mineral (Fe, F, Ca), dan zat non gizinya yaitu air. Selain itu, umbi singkong mengandung senyawa non gizi tanin. Kulit singkong termasuk ke dalam limbah agroindustri pengolahan ketela pohon seperti industri tepung tapioka, industri fermentasi, dan industri pokok makanan. (Suherman dan Melati, 2009).

Dalam sistematika tanaman singkong termasuk kelas *dicotyledoneae* dan family *euphorbiarceae*, genus *manihot* dan memiliki 7200 spesies (Hijrah, 2013).

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Superdivisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Bangsa	: <i>Euphorbiales</i>
Suku	: <i>Euphorbiciae</i>
Marga	: <i>Mannihot</i>
Spesies	: <i>Mannihot utilissima</i>

Wahyu (2009) menyatakan singkong kaya akan karbohidrat yaitu sekitar 80% sampai 90% dengan pati sebagai komponen utamanya. Singkong mengandung air sekitar 60%, pati 25-35% serta protein, mineral, serat, kalsium, dan fosfat. Singkong merupakan sumber energi yang lebih tinggi dibandingkan padi, jagung, ubi jalar dan gandum. Namun, ubi ini tidak dapat langsung dikonsumsi dalam bentuk segar tetapi selalu dilakukan pengolahan seperti pemanasan, perendaman dalam air, penghancuran atau beberapa proses tradisional lainnya dengan tujuan untuk membuang asam sianida (HCN) yang bersifat mematikan yang dikandung dari semua varietas singkong. Kulit singkong

merupakan hasil samping industri ketela pohon seperti keripik singkong dan tepung tapioka. Kulit singkong cukup banyak jumlahnya, setiap kilogram umbi ketela pohon biasanya dapat menghasilkan 15-20% kulit umbi, maka semakin tinggi jumlah produksi singkong, semakin tinggi pula kulit yang dihasilkan.

Kulit singkong segar hasil limbah memiliki kandungan HCN 109 mg/kg. Kulit singkong saat ini juga dimanfaatkan sebagai pakan ternak unggas (Sandi, 2013:4). Selama ini pemanfaatan kulit singkong hanya dilakukan dalam jumlah yang terbatas dan belum digunakan secara maksimal, oleh karena itu perlu upaya untuk mengurangi limbah singkong yang ada pada industri tapioka, industri fermentasi dan industri produk makanan agar dapat dieksplorasi pemanfaatannya. Briket arang merupakan salah satu cara untuk meningkatkan energi alternatif (Rahayu, *et al.*, 2013:397-398).

Kulit singkong selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Untuk memaksimalkan limbah kulit singkong agar berguna bagi masyarakat, limbah tersebut digunakan untuk briket. Jika dilihat dari nilai kalor pembakaran dari kulit singkong yaitu 3.843,84 kalori/gram, maka kulit singkong berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan briket arang. Namun, nilai kalor tersebut masih berada di bawah nilai kalor yang di syarkan dalam SNI briket arang kayu (Rusdianto, *et al.*, 2014). Tabel 2.1 merupakan hasil uji kulit singkong.

Tabel 2.1 Hasil uji kulit singkong

Komponen	Komposisi
Kadar air	10,06-13,14%
Nilai daya serap air	82,49-169,78%
Nilai pengembangan tebal	35,70-102,30%
Nilai kerapatan	0,86-0,87g/cm ³

Sumber: (Hayati, 2008)

2.3 Biomassa

Biomassa merupakan suatu limbah padat berupa bahan kering material organik atau bahan yang tersisa setelah suatu tanaman atau material organik dihilangkan kadar airnya dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar yang dapat diperbaharui. Biomassa meliputi limbah kayu, limbah pertanian,

limbah perkebunan, limbah hutan dan komponen organik dari industri dan rumah tangga. Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak terjadi polusi udara (Sinurat, 2011).

Salah satu aspek yang berperan penting dalam pengembangan biomassa adalah teknologi konversi biomassa. Teknologi konversi biomassa memiliki perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan juga dapat menghasilkan perbedaan jenis bahan bakar yang dihasilkan. Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi 3 (Hidayah, 2004).

1. Pembakaran langsung
2. Konversi termokimiawi
3. Konversi biokimiawi

Dalam pemanfaatannya, biomassa memiliki dampak-dampak yang dihasilkan antara lain sebagai berikut (Kong, 2010:43-44).

1. Udara yang berada di sekitar proses pembakaran biomassa lebih bersih dibandingkan kualitas udara di dekat proses pembakaran BBM fosil. Dengan demikian, masyarakat lebih diuntungkan dalam menghemat biaya perawatan kesehatannya.
2. Bagi pengelola pembangkit daya yang berbahan bakar biomassa, penggunaan bahan bakar biomassa dapat menekan biaya investasi dalam membeli alat pencegah emisi yang tidak terlalu canggih maupun biaya operasional harian. Semakin kompleks pengoperasiannya, semakin besar energi listrik yang diperlukan. Karena setiap unit pencegah polusi perlu energi listrik.
3. CO₂ hasil pembakaran biomassa juga dikategorikan sebagai “*carbon neutral*” karena diserap kembali oleh tumbuh-tumbuhan guna menopang pertumbuhannya.

Biomassa memiliki keunggulan sebagai bahan bakar, adapula keterbatasan-keterbatasannya, yaitu kandungan tingkat kelembabannya (*moisture content*) cukup tinggi hingga 60% dan kandungan abu sisa pembakaran relatif

tinggi, namun mempunyai titik leleh yang rendah (*low ash melting temperature*) serta kandungan unsur klorin yang cukup tinggi untuk jenis-jenis biomassa tertentu.

Pemanfaatan optimal biomassa mengharuskan untuk mengklasifikasikan keunggulan-keunggulan maupun kekurangan-kekurangannya agar kemudian dapat diambil gambaran karakteristik biomassa untuk mendesain ruang bakar (*combustion chamber*) yang sesuai sehingga dapat digunakan bagi proses pembakaran biomassa, baik sebagai bahan bakar tunggal (100% biomassa) maupun sebagai bahan bakar pencampur batubara dengan porsi antara 5-10% dari basis berat (*weight basis*). Abu batubara yang bersifat lebih stabil akan menjadi faktor penyeimbang abu biomassa sehingga abu campuran batubara, biomassa tidak mudah meleleh pada temperatur rendah dan dapat mencegah terjadinya atau terbentuknya kerak di dalam ruang bakar.

Faktor-faktor keunggulan dan kelemahan pemanfaatan energi biomasa (Kong, 2010:49-50).

a) Keunggulan pemanfaatan energi biomassa

1. Terdapat di semua tempat.
2. Mengurangi sampah-sampah perkotaan, pertanian, maupun industri.
3. Bahan bakar yang selalu tersedia, bila diproses dengan benar.
4. Pembakaran biomassa mengurangi secara signifikan emisi gas sulfur, NO_x dan CO_2 .

b) Kelemahan pemanfaatan energi biomassa

1. Kandungan energinya tidak setinggi bahan bakar fosil.
2. Biaya total *pretreatment* relatif tinggi, terutama untuk jenis biomassa dengan kandungan kelembaban tinggi.
3. Menimbulkan emisi bila terjadi pembakaran tidak sempurna.

Menurut Petter (dalam Kong, 2010:52) nilai kalori biomassa dapat dipengaruhi oleh kandungan kelembaban di dalamnya. Jika kandungan kelembaban biomassa tercatat 87% (acuan basah/wet basis), nilai kalori nettonya (*low heating value*) akan menjadi nol, dan biasanya nilai kandungan kelembaban

di dalam biomassa tidak boleh melebihi 55% (acuan basah) agar dapat dibakar sehingga muatan energinya dapat diambil.

Kandungan kelembaban sangat berpengaruh bagi biomassa sebagai bahan bakar, sangat penting dalam perhitungan kandungan kelembaban dicantumkan dasar pengukurannya agar tidak rancu. Hal ini penting karena biomassa memiliki tingkat kandungan atau tingkat kelembaban yang sangat besar bila diukur dari basis basah (*on a wet basis*).

2.4 Briket Arang

Briket arang merupakan bahan bakar alternatif berbentuk gumpalan yang terbuat dari bahan lunak dari limbah pertanian yang dikeraskan. Briket arang juga menjadi salah satu bentuk energi dari biomassa. Bioarang atau briket arang sebenarnya termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk tertentu (Adan, 1998). Biobriket juga merupakan sisa-sisa pengolahan lahan pertanian atau kehutanan yang masih memiliki nilai kalori dalam jumlah cukup, seperti bagas tebu, bungkil jarak pagar, serabut dan tempurung kelapa sawit (sisa-sisa ampas tersebut masih mampu diolah menjadi briket yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar (Kong, 2010).

Pembuatan briket arang tergolong mudah, karena teknologinya yang digunakan sangat sederhana. Proses pembuatan briket arang melalui empat tahap antara lain, yaitu pengeringan, pengecilan ukuran, pencampuran, dan pembentukan campuran menjadi briket arang. Briket arang sebagai bahan bakar nabati dalam bentuk padat dan teratur karena dicetak dengan komposisi tertentu. Berikut ini merupakan manfaat dari briket arang (Kong, 2010:38-39).

1. Sangat mudah untuk ditranspor/ didistribusikan ke berbagai daerah.
2. Mudah untuk disimpan di berbagai tempat.
3. Harga yang relatif murah banyak membantu rumah tangga sederhana memperoleh bahan bakar untuk keperluan masak-memasak.
4. Dapat dimanfaatkan juga untuk proses produksi usaha-usaha skala UMKM karena pembelian BBM fosil cukup memberatkan biaya operasional.

5. Jenis briket berkalori tinggi (>5.500 kkal/kg), proses pembakaran tertentu dapat menggantikan kebutuhan batubara yang selama ini harus disediakan. Kualitas briket arang tidak kalah dengan batubara atau bahan bakar jenis arang lainnya karena, briket memiliki nilai standar nasional Indonesia (SNI) sebesar 5.000 kkal/kg. Briket juga dapat digunakan untuk substitusi batubara dalam proses pembakaran, baik ditungku pabrik semen maupun ruang bakar ketel uap guna menghasilkan uap pada pembangkit daya (Kong, 2010).

Briket arang yang baik memiliki kadar karbon yang tinggi. Kadar karbon dapat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap (*volatile matter*) dan kadar abu. Apabila semakin besar kadar abu yang terkandung pada briket akan menyebabkan turunnya kadar karbon briket arang tersebut (Hendra dan Dermawan, 2000).

Kriteria mutu briket mengacu pada SNI Briket arang kayu. Tabel 2.2 merupakan standar mutu briket arang berdasarkan SNI 01-6235-2000.

Tabel 2.2 Standar mutu briket

Variabel	SNI
Nilai kalor (kal/g)	≥ 5.000
Kadar air (%)	≤ 8
Kadar abu (%)	≤ 8

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000)

2.5 Jenis-Jenis Briket

Ada bermacam-macam jenis briket yang dapat digolongkan menurut bahan baku dan dalam masa proses pembuatannya (Kementerian Negara Riset dan Teknologi, 2004).

1. Briket dilihat dari bahan baku
 - a. Organik, bahan baku ini biasanya berasal dari pertanian dan hutan.
 - b. Anorganik, bahan baku ini biasanya berasal dari limbah perkotaan dan limbah pabrik.
2. Briket dilihat dari proses pembuatan
 - a. Jenis berkarbonisasi (super), jenis ini mengalami terlebih dahulu proses dikarbonisasi sebelum atau sesudah menjadi briket. Dengan proses karbonisasi zat-zat terbang yang terkandung dalam briket tersebut

diturunkan serendah mungkin sehingga produk akhirnya tidak berbau dan berasap, namun biaya produksi menjadi meningkat karena pada bahan baku briket tersebut terjadi rendemen sebesar 50%. Briket ini cocok untuk digunakan dalam keperluan rumah tangga serta lebih aman dalam penggunaannya.

- b. Jenis non karbonisasi (biasa), jenis yang ini tidak mengalami proses karbonisasi sebelum diproses menjadi briket dan harganya pun lebih murah. Karena zat terbangnya masih terkandung dalam briket, maka pada penggunaannya lebih baik menggunakan tungku (bukan kompor) sehingga akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dimana seluruh zat terbang yang muncul dari briket akan habis terbakar oleh lidah api di permukaan tungku. Briket ini umumnya untuk industri kecil.

2.6 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan merupakan suatu proses perubahan bahan baku asal menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran di dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas. Proses karbonisasi atau pengarangan ini biasanya dilakukan dengan memasukkan bahan organik ke dalam lubang atau ruangan yang dindingnya tertutup, seperti di dalam tanah atau tangki yang terbuat dari plat baja. Bahan yang telah dimasukkan disulut dengan api hingga terbakar dengan nyala api yang terus dikontrol. Proses pembakaran sempurna terjadi jika hasil akhir pembakaran berupa abu berwarna keputihan dan energi seluruhnya di dalam bahan organik dibebaskan ke lingkungan sekitar. Energi pada bahan yang dibebaskan dalam proses pengarangan ini dilakukan secara perlahan. Lama waktu karbonisasi/pengarangan ditentukan oleh jumlah atau volume bahan organik, ukuran parsial bahan, kerapatan bahan tingkat kekeringan bahan, jumlah oksigen yang masuk, dan asap yang keluar dari ruang pembakaran (Kurniawan dan Marsono, 2008:22-23).

Prinsip karbonisasi yaitu pembakaran biomassa tanpa adanya oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap

arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang (Pari dan Hartoyo, 1983). Faktor-faktor yang mempengaruhi karbonisasi adalah suhu karbonisasi, ukuran bahan, jenis bahan dan waktu karbonisasi. Semakin tinggi suhu karbonisasi maka jumlah karbon yang dihasilkan akan semakin kecil dan semakin kecil ukuran bahan yang dikarbonisasi maka semakin cepat peretakan keseluruhan bahan sehingga karbonisasi berjalan dengan sempurna (Wahyusi, *et al.*, 2012).

Metode karbonisasi meliputi teknik yang paling sederhana hingga yang paling canggih. Metode pengarangan atau karbonisasi disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi keuangan. Berikut merupakan metode karbonisasi atau pengarangan (Kurniawan dan Marsono, 2008:24-26).

1. Pengarangan terbuka

Metode pengarangan terbuka yaitu proses pengarangan yang dilakukan tidak di dalam ruangan sebagaimana mestinya. Resiko kegagalan lebih besar karena udara bebas dapat berkontak langsung dengan bahan baku. Metode pengarangan jenis ini paling murah dan paling cepat, tetapi bagian yang menjadi abu juga paling banyak, terutama jika proses pengarangan ini tidak ditunggu dan dijaga. Bahan baku yang diarang juga harus sering dibolak-balik agar bahan baku mengarang secara merata.

2. Pengarangan di dalam drum

Drum bekas aspal atau oli yang masih baik bisa digunakan untuk proses pengarangan. Sebelum melakukan pengarangan, bagian alas drum dilubangi kecil-kecil menggunakan paku atau bor besi dengan jarak 1 cm x 1 cm. Bagian tengah drum dipasang pipa besi ukuran 2-3 inchi yang berlubang di bagian sisi-sisinya untuk jalan keluar asap dan masuknya oksigen. Kemudian bahan baku dimasukkan ke dalam drum sampai penuh, lalu api dinyalakan lewat bawah drum yang telah dilubangi. Apabila asap sudah mulai keluar dari pipa menandakan pembakaran telah berlangsung.

Metode pengarangan dalam drum cukup praktis karena bahan baku tidak perlu ditunggu terus-menerus sampai menjadi arang. Hal ini terjadi karena waktu pembakaran yang dibutuhkan sekitar 8 jam untuk bahan baku sebanyak 100 kg.

Apabila waktu pengarangan dirasa terlalu lambat, sebaiknya drum yang digunakan lebih banyak. Arang yang dihasilkan oleh pengarangan dalam drum biasanya lebih hitam jika dibandingkan dengan pengarangan terbuka dan rendemen yang dicapai mendekati angka 50-60% dari berat semula.

3. Pengarangan di dalam silo

Sistem pengarangan silo biasanya diterapkan untuk produksi arang dalam jumlah banyak. Dinding dalam silo terbuat dari batu bata yang tahan api. Dinding luarnya disemen dan dipasang besi beton sedikitnya 4 buah tiang yang jaraknya disesuaikan dengan keliling silo. Bentuk silo dapat berupa persegi empat, bujur sangkar, atau lingkaran. Sisi bawah silo sebaiknya diberi pintu yang berfungsi untuk mempermudah pengeluaran arang yang sudah jadi. Karena kapasitasnya besar, pipa besi yang digunakan sedikitnya 5 buah. Pipa besi dipasang merata di dalam silo dengan formasi empat buah ditempatkan di sudut dan sebuah lagi di tengah. Hal yang penting dalam metode ini yaitu menyediakan air yang banyak untuk memadamkan bara.

4. Pengarangan semimodern

Pengarangan semimodern dilakukan ketika sumber bara api yang berasal dari plat panas atau batu bara yang dibakar. Hal ini mengakibatkan udara di sekeliling bara ikut menjadi panas dan memuai ke seluruh ruangan pembakaran. Panas yang timbul disebabkan oleh *blower* atau kipas angin bertenaga listrik. Oleh karena itu, proses pengarangan dapat terjadi lebih cepat meskipun jumlah bahan bakunya banyak. Konstruksi ruang karbonisasi horizontal menyebabkan penanganannya tidak terlalu sulit. Pengarangan berlangsung selama kurang lebih 4-5 jam untuk bahan baku sebanyak 1.000 kg.

5. Pengarangan supercepat

Jenis pengarangan supercepat membutuhkan waktu pengarangan hanya dalam hitungan menit. Hal yang paling unik dan menarik dalam metode ini yaitu penerapan roda berjalan. Bahan baku dalam metode ini bergerak melewati lorong besi yang sangat panas dengan suhu mendekati 700°C. Ketika sampai di elemen pemanas, warna bahan baku sudah berbentuk serpihan arang. Namun, piranti keras dan pendukungnya masih jarang ditemui di pasaran.

2.7 Perekat

Menurut Kurniawan dan Marsono (2008:27), perekat merupakan suatu zat atau bahan yang mampu untuk mengikat dua benda satu sama lain melalui ikatan permukaannya. Prinsip menggunakan perekat yaitu ada dua jenis golongan bahan perekat, yaitu perekat organik dan non organik. Masing-masing jenis mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri. Tabel 2.3 merupakan daftar analisa bahan perekat.

Tabel 2.3 Daftar analisa bahan perekat

Jenis Tepung	Air %	Abu%	Lemak%	Protein%	Serat Kasar %	Karbon %
Tepung jagung	10,52	1,27	4,89	8,48	1,04	73,80
Tepung beras	7,58	0,68	4,53	9,89	0,82	76,90
Tepung terigu	10,70	0,86	2,00	11,50	0,64	74,20
Tepung tapioka	9,84	0,36	1,50	2,21	0,69	85,20
Tepung sagu	14,10	0,67	1,03	1,12	0,37	82,70

Sumber: (Anonimous,1989)

Menurut Adan (1998) menyatakan bahwa jumlah perekat yang digunakan dalam pembuatan briket bioarang adalah sebanyak 10% dari berat yang akan digunakan dalam pembuatan briket tersebut. Arang bahan baku sebelum diproses menjadi briket arang terlebih dahulu dilakukan pengecilan ukuran menjadi bubuk arang. Bubuk arang memiliki sifat alamiah yaitu cenderung saling memisah. Butiran bubuk arang dapat disatukan dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan dengan bantuan bahan perekat. Penggunaan bahan perekat permasalahannya terletak pada jenis perekat yang akan dipilih. Pemilihan jenis perekat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas briket arang ketika dinyalakan dan dibakar. Faktor harga dan ketersediaannya di pasaran harus dipertimbangkan secara seksama karena setiap bahan perekat memiliki daya rekat yang berbeda-beda sesuai karakteristiknya (Sudrajat,1983). Proses pembuatan briket terdapat dua macam perekat yang biasa digunakan yaitu perekat yang berasap (tar, molase, dan pitch), dan perekat yang tidak berasap (pati dan dekstrin tepung beras). Untuk briket yang digunakan di rumah tangga sebaiknya memakai bahan perekat yang tidak berasap (Abdullah, 1991).

Penggunaan bahan perekat dimaksudkan untuk menarik air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat dua substrat yang akan direkatkan.

Adanya perekat dapat membuat susunan partikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekanan dari arang briket akan semakin baik. Pembuatan briket dengan menggunakan perekat akan lebih baik hasilnya jika dibandingkan tanpa menggunakan bahan perekat. Bahan perekat selain dapat meningkatkan nilai bakar dari bioarang, kekuatan briket arang dari tekanan luar juga lebih baik sehingga tidak mudah pecah (Silalahi, 2000:70).

Jenis perekat dari pati seperti tapioka memiliki kelebihan yaitu jumlah perekat yang dibutuhkan untuk jenis yang ini jauh lebih sedikit apabila dibandingkan dengan bahan perekat hidrokarbon. Kekurangan dari kadar perekat tepung tapioka yaitu briket yang dihasilkan kurang tahan terhadap kelembaban. Hal tersebut disebabkan jenis perekat tapioka memiliki sifat dapat menyerap air dari udara atau higroskopis. Molases memiliki sifat yang relatif tahan terhadap kelembaban (Goutara dan Wijandi, 1975). Jenis perekat yang digunakan dalam pembuatan briket arang berpengaruh terhadap kerapatan, keteguhan tekan, nilai kalor bakar, kadar air dan kadar abu.

Kurniawan dan Marsono (2008:30) menyatakan bahwa ada beberapa jenis perekat yang digunakan untuk briket arang salah satunya yaitu perekat aci/tapioka. Perekat aci merupakan perekat yang terbuat dari tepung tapioka yang mudah dibeli. Perekat jenis ini biasa digunakan untuk mengelem perangkong dan kertas. Pembuatan perekat dengan tapioka sangat mudah dengan mencampurkan tepung tapioka dengan air kemudian dimasak di atas kompor. Selama pemanasan tepung diaduk terus-menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan terasa lengket di tangan (Silalahi, 2000).

2.8 Pengujian Briket Arang

2.8.1 Kadar Air

Kadar air briket merupakan jumlah air yang masih terdapat di dalam biobriket setelah dilakukannya proses pemanasan. Besar dan kecilnya kadar air sangat berpengaruh pada nilai kalor yang ada di dalam biobriket. Semakin tinggi nilai kadar air maka kualitas dari biobriket semakin menurun, hal ini disebabkan

karena tingginya kadar air yang dapat mengakibatkan biobriket menjadi susah dinyalakan. Kadar air bahan bakar padat merupakan perbandingan berat air yang terkandung dalam bahan bakar padat dengan berat kering bahan bakar padat tersebut. Semakin besar kadar air yang terdapat pada bahan bakar padat maka nilai kalornya semakin kecil, begitu sebaliknya (Hartanto dan Alim, 2011). Penentuan kadar air dengan cara menguapkan air yang terdapat dalam bahan dengan oven dengan suhu 100-105 °C dalam jangka waktu tertentu (3-24 jam) hingga seluruh air yang terdapat dalam bahan menguap atau berat bahan tidak berubah lagi.

Kadar air berhubungan langsung dengan nilai kalor dan densitas. Kadar air tinggi dapat mempengaruhi penurunan nilai kalor densitas. Hal ini disebabkan oleh panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air dalam bahan bakar. Perubahan tekanan kompaksi tidak mempengaruhi kadar air dalam briket (Saputro, 2012). Kadar air dalam briket jika semakin sedikit maka semakin tinggi nilai kalornya. Semakin tinggi kadar air, kalor pembakaran semakin kecil. (Santosa, *et al.*, 2010). Hal ini karena air nilai kalornya 0, sehingga air akan mengurangi nilai kalor bahan bakar. Selain nilai kalor, air juga akan mempengaruhi lama penyalaan bahan bakar. Penyebabnya adalah pada awal proses, panas yang ada digunakan untuk menguapkan kandungan air terlebih dahulu lalu diikuti dengan pembakaran bahan tersebut (Hartanto dan Alim, 2011). Berikut merupakan perhitungan kadar air.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100 \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan: $M1$ = massa cawan + sampel sebelum dipanaskan (g)

$M2$ = massa cawan + sampel setelah dipanaskan (g)

2.8.2 Kadar Abu

Kadar abu merupakan bahan yang tersisa apabila kayu dipanaskan hingga berat konstan. Kadar abu ini berbanding lurus dengan kandungan bahan anorganik di dalam kayu. Abu berperan dalam menurunkan bahan bakar karena menurunkan nilai kalor. Salah satu penyusun abu adalah silika, pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor briket arang yang dihasilkan. Jika bahan pembuatan briket dikarbonisasi terlebih dahulu, maka semakin banyak penambahan bahan dalam

komposisi, maka nilai kadar abu briket yang dihasilkan akan semakin rendah (Santosa, *et al.*, 2010).

Penentuan kadar abu dengan cara membakar bahan dalam tanur (*furnace*) dengan suhu 600°C selama 3-8 jam sehingga seluruh unsur pertama pembentuk senyawa organik (C, H, O, N) habis terbakar dan berubah menjadi gas. Sisanya yang tidak terbakar adalah abu yang merupakan kumpulan dari mineral-mineral yang terdapat dalam bahan. Dengan kata lain, abu merupakan total dari mineral dalam bahan. Semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah kualitas briket karena kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket (Masturin, 2002). Berikut merupakan perhitungan kadar abu.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (2.2)$$

Keterangan: A = massa abu briket (g)

B = massa awal briket (g)

2.8.3 Nilai Kalor

Menurut Ndraha (2010) nilai kalor atau *heating value* adalah nilai yang menyatakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Kalor bergerak dari benda yang lebih panas (dengan suhu lebih tinggi) ke benda yang lebih dingin (dengan suhu lebih rendah). Kalor merupakan energi yang dipindahkan melintasi batas suatu sistem dan lingkungannya. Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan alat *bomb calorimeter*. Bahan bakar yang diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan ditenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik (Wahyu, 2009). Nilai kalor berhubungan langsung dengan kadar C dan H yang dikandung oleh bahan bakar padat. Semakin besar kadar keduanya, maka semakin besar nilai kalor yang dikandung. Nilai kalor bahan bakar ditentukan berdasarkan hasil pengukuran dengan *bomb calorimeter* yang dilakukan dengan membakar bahan bakar dan udara pada temperatur normal, sementara itu dilakukan pengukuran jumlah kalor yang terjadi

sampai temperatur dari gas hasil pembakaran turun kembali ke temperatur normal (Ruhendi, *et al.*, 2007).

Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket. Semakin tinggi nilai kalor, maka semakin baik kualitas briket yang dihasilkan. Kadar air, kadar abu dan *volatile matter* yang rendah dapat meningkatkan nilai kalor. Kandungan kadar karbon yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor (Sodiq dan Susila, 2014). Nilai kalor digunakan untuk mengetahui nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan oleh biobriket sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan oleh biobriket maka semakin baik mutu dan kualitasnya. Nilai kalor juga dipengaruhi oleh besarnya kadar abu dan kadar air yang ada di dalam biobriket (Sodiq dan Susila, 2014). Berikut merupakan perhitungan nilai kalor.

$$Hg(cal/g) = \frac{4.186 \times (t_2 - t_1) \times M}{w} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : Hg = kalori per gram contoh

t = kenaikan temperatur pada termometer

w = 2426 kalori/°C

$l1$ = ml natrium karbonat yang terakai untuk titrasi

$l2$ = $13m7 \times 1,02 \times$ berat contoh

$l3$ = $2,3 \times$ panjang fuse wire yang terbakar

M = berat contoh g

2.8.4 Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran merupakan proses pengujian dengan cara membakar briket untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar dan menimbang massa briket sebelum dibakar. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat adalah sebagai berikut (Almu, *et al.*, 2014) :

1. Ukuran partikel, briket yang memiliki partikel yang ukurannya kecil akan cepat terbakar.
2. Kecepatan aliran udara, laju pembakaran briket akan mengalami kenaikan dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

3. Jenis bahan bakar, jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.
4. Temperatur udara pembakaran, kenaikan temperatur pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran. Sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat.

Berikut merupakan perhitungan laju pembakaran.

$$\text{Laju pembakaran (g/m)} = \frac{b}{a} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan: a = waktu (m) sampai briket habis terbakar

b = berat briket yang dibakar (g)

2.8.5 Suhu Pembakaran

Suhu pembakaran briket arang dilakukan dengan melakukan pembakaran briket arang tersebut dan menggunakan *stopwatch* yang dinyalakan saat bara menyala pada briket arang sampai briket arang habis dan menjadi abu sehingga dapat tercatat waktu yang diperlukan bara untuk menghabiskan briket. Banyaknya karbon yang digunakan pada briket juga sangat mempengaruhi suhu maksimal briket yang dihasilkan.

2.9 ANOVA Satu Arah

Metode analisis data adalah cara yang digunakan untuk mengolah data dari hasil pengumpulan data. Teknik analisis data dari hasil penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, yaitu dengan menggambarkan hasil penelitian yang dilakukan secara grafis dalam histogram atau polygon frekuensi yang menggambarkan variasi perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong. Data hasil pengukuran yang diperoleh dari uji karakteristik briket selanjutnya akan diolah dan dianalisis. Analisis yang digunakan yaitu *analysis varians* (ANOVA) satu faktor/arah. Analisis satu arah digunakan apabila suatu penelitian eksperimen terdiri atas satu variabel bebas. Anova satu arah adalah analisis varian yang digunakan untuk mengolah data yang hanya mengenal satu variabel pembanding. Anova satu arah dapat disebut juga dengan “anova klasifikasi

tunggal” atau “anova tunggal”. ANOVA satu arah merupakan suatu metode pengamatan yang didasarkan pada satu kriteria (Supardi, 2013).

Untuk membuktikan ada tidaknya pengaruh variasi perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong, peneliti menggunakan Analisis Varians (ANAVA) satu arah. Pada anava akan diuji hipotesis nol (H_0) dengan (H_1) paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku.

Perekat : μ_1, μ_2, μ_3 dan μ_4

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

“Tidak ada pengaruh secara nyata dari perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong”

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

“Ada pengaruh secara nyata dari perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong”

Tabel 2.4 merupakan tabel format rumus-rumus untuk analisis varian satu arah.

Tabel 2.4 Format rumus-rumus untuk analisis varian satu arah

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	F
Rata-rata	1	R_y	$R = R_y/1$	
Antar kelompok	$k-1$	A_y	$A = A_y / (k-1)$	A/D
Dalam Kelompok	$\sum (n_1-1)$	D_y	$D = D_y / \sum (n_1-1)$	
Total	$\sum n_1$	$\sum Y^2$		

(Sudjana, 1996 : 305)

Analisis varians satu arah adalah hasil perhitungan harga F_{hitung} (F_0), Kemudian dikonsultasikan dengan F_{tabel} (F_t) dengan taraf signifikan 0,05 ($\alpha = 5\%$) dan derajat kebebasan (dk) pembilang= $k-1$ dan derajat kebebasan penyebut = $\sum (n_1-1)$.

Kriteria pengujian ini adalah :

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ H_0 diterima ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$)

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ H_0 ditolak ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$)

2.10 Penelitian Terdahulu

2.10.1 Desain Kalorimeter Bomb Biomassa dengan Metode Oksigen Dinamik

Analisis dari penelitian (Nurhilal, *et al.*, 2017) bahwa kandungan energi biomassa dapat diukur dengan kalorimeter bomb. Efektifitas kerja kalorimeter bomb ditentukan oleh proses terjadinya pembakaran sampel secara sempurna. Untuk menghasilkan pembakaran sempurna dibutuhkan tekanan yang cukup di dalam bomb kalorimeter tersebut. Cara konvensional adalah dengan memberikan oksigen secara statis hingga tercapai kondisi tekanan sekitar 30 atm. Cara non konvensional adalah dengan memberikan oksigen ke dalam bomb secara kontinu (dinamis) hingga mencapai debit tertentu yang optimal. Pada penelitian ini telah dirancang kalorimeter bomb dengan sistem input oksigen secara kontinu. Untuk pencatatan perubahan temperatur air pada kalorimeter bomb digunakan sensor suhu berbasis mikrokontroler arduino uno. Variasi debit oksigen yang diberikan adalah 3 liter/menit, 5 liter/menit dan 7 liter/menit. Sampel biomassa yang digunakan untuk pengujian adalah biobriket kulit kopi, biobriket tempurung kelapa dan biobriket kayu kaliandra. Hasil pengujian ketiga jenis biobriket tersebut diperoleh nilai kalor untuk kulit kopi, tempurung kelapa dan kayu kaliandra masing-masing adalah 3555,1 kal/gram, 3717,4 kal/gram dan 4085,8 kal/gram pada debit oksigen 7 liter/menit. Nilai kalor hasil pengujian ini mendekati nilai kalor ketiga jenis biobriket yang diuji dengan kalorimeter bomb standar.

2.10.2 Pengaruh Variasi Jumlah Perekat Tepung Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa

Analisis dari penelitian (Adyaningsih, *et al.*, 2017) bahwa pencampuran bahan dalam membuat briket merupakan tahap yang menentukan kualitas briket yang dihasilkan, dimana jumlah dan bahan yang digunakan akan berpengaruh terhadap kualitas briket. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah perekat tepung tapioka terhadap karakteristik briket yang dihasilkan yang meliputi: nilai kalor, kadar air, dan shatter index. Penggunaan tekanan pengepresan sebesar 150 Kg/cm² dengan variasi jumlah perekat tepung tapioka 5%, 7%, dan 9%. Pengeringan briket dilakukan di dalam oven bersuhu

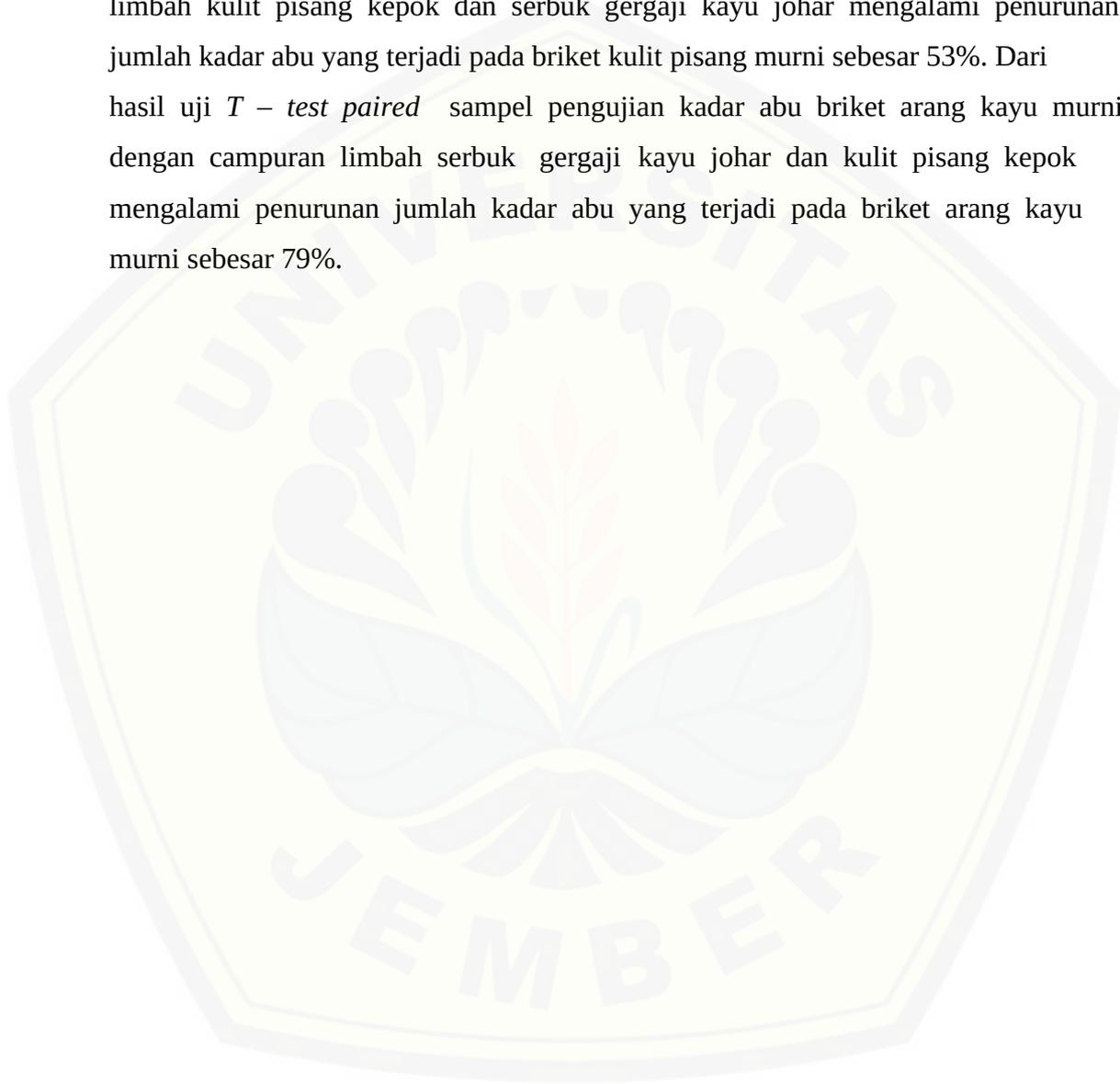
100°C selama 2 jam. Briket berbentuk silinder dengan diameter 2,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan briket paling baik menggunakan pencampuran perekat 7% dengan karakteristik briket sebagai berikut: nilai kalor sebesar 7652,64 kal/g, kadar air sebesar 3,23 %, dan *shatter index* sebesar 0,18 %.

2.10.3 Analisa Nilai Kalor dan Kadar Abu Briket Bioarang Campuran Serbuk Gergaji Kayu Johar dan Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Bahan Bakar Alternatif

Analisis dari penelitian (Nuha, *et al.*, 2015) bahwa Kabupaten Pematang memiliki potensi sumber energi terbarukan yang cukup besar, yaitu biomassa. Biomassa dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif contohnya dengan pembuatan briket. Briket campuran limbah kulit pisang kepok dan serbuk gergaji kayu johar belum banyak dikembangkan, padahal mempunyai nilai kalor yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kalor dan kadar abu yang dihasilkan pada komposisi campuran briket serta untuk mengetahui hasil uji *T – test paired* sampel antara hasil pengujian briket limbah organik murni dengan briket limbah organik campuran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Bahan yang digunakan yaitu limbah kulit pisang kepok dan serbuk gergaji kayu johar dengan perekat tepung tapioka. Untuk pengujian yang dilakukan yaitu pengujian nilai kalor dan kadar abu pada masing-masing spesimen. Berdasarkan hasil penelitian pengujian nilai kalor dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata terbesar terjadi pada spesimen 5 dengan komposisi 80% serbuk gergaji kayu johar, 10% limbah kulit pisang kepok dan 10% perekat tepung tapioka sebesar 4679.366 kal/g, sedangkan untuk kadar abu nilai rata-rata terendah terjadi pada spesimen 4 dengan komposisi 70% serbuk gergaji kayu johar, 20% limbah kulit pisang kepok dan 10% perekat tepung tapioka sebesar 36.951%.

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa uji *T – test paired* sampel pengujian nilai kalor briket kulit pisang murni dengan campuran limbah kulit pisang kepok dan serbuk gergaji kayu johar mengalami kenaikan jumlah nilai kalor yang terjadi pada briket campuran limbah kulit pisang kepok dan serbuk gergaji kayu johar sebesar 94%. Dari hasil uji *T – test paired* sampel pengujian

nilai kalor briket arang kayu murni dengan briket campuran limbah serbuk gergaji kayu johar dan kulit pisang kepok mengalami kenaikan jumlah nilai kalor yang terjadi pada briket arang kayu murni sebesar 61%. Dari hasil uji *T –test paired* sampel pengujian kadar abu briket kulit pisang murni dengan briket campuran limbah kulit pisang kepok dan serbuk gergaji kayu johar mengalami penurunan jumlah kadar abu yang terjadi pada briket kulit pisang murni sebesar 53%. Dari hasil uji *T – test paired* sampel pengujian kadar abu briket arang kayu murni dengan campuran limbah serbuk gergaji kayu johar dan kulit pisang kepok mengalami penurunan jumlah kadar abu yang terjadi pada briket arang kayu murni sebesar 79%.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian briket arang kulit singkong dengan tepung tapioka sebagai perekat dilaksanakan pada bulan November 2019 sampai dengan bulan Januari 2020 di Laboratorium Energi, Otomasi dan Instrumentasi Pertanian, Laboratorium Teknik Pengendalian Konservasi Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

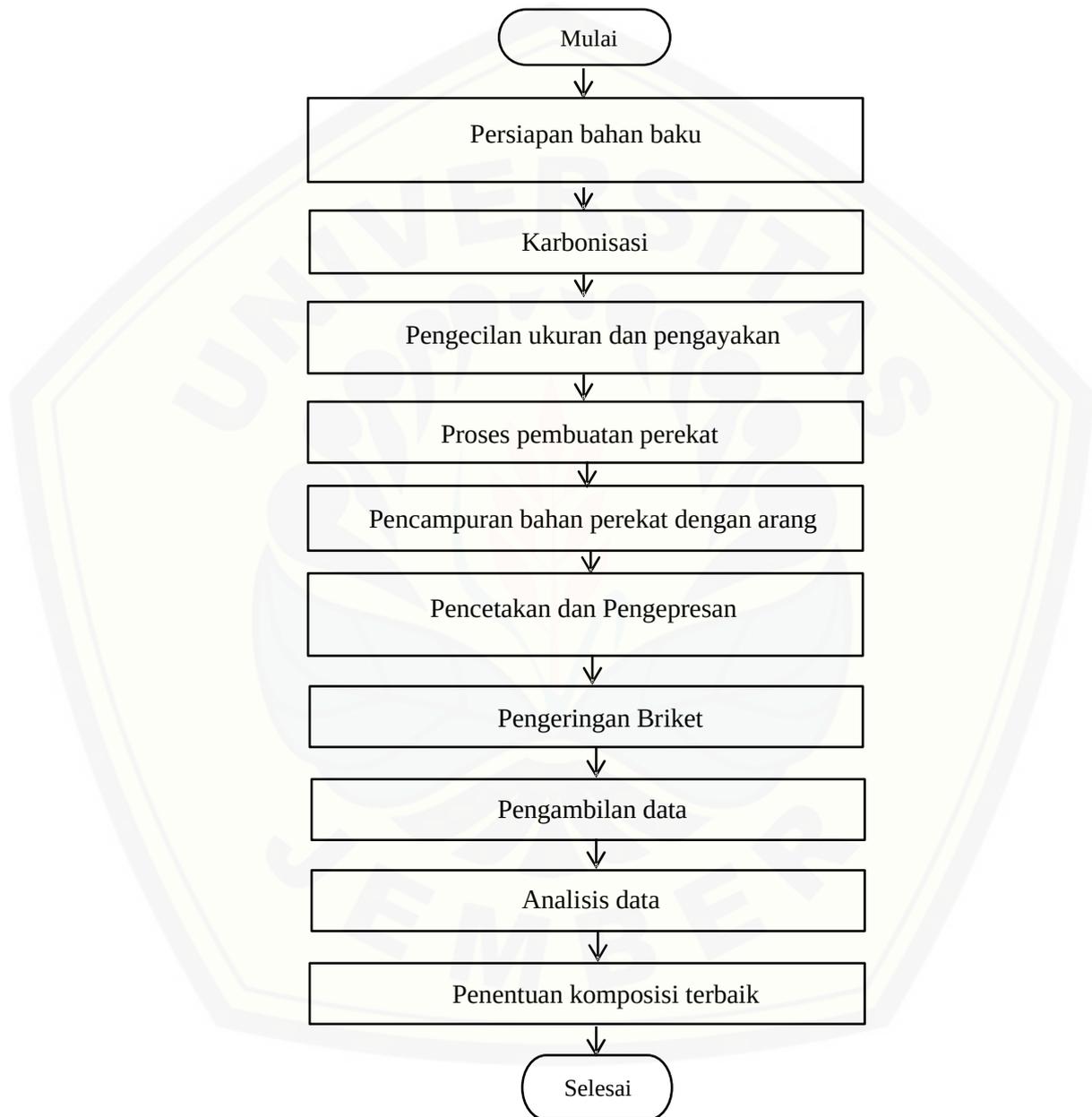
1. Satu set alat briket digunakan sebagai alat pengempa.
2. Timbangan analitik digunakan untuk menimbang bahan.
3. Tong bekas digunakan sebagai tempat karbonasi kulit singkong.
4. Lumpang dan alu digunakan sebagai menghaluskan arang singkong.
5. Ayakan 60 *mesh* digunakan untuk menyaring bahan.
6. Tungku briket sebagai tempat membakar briket.
7. Termometer digital digunakan untuk mengukur suhu api pada briket.
8. *Stopwatch* untuk menghitung laju pembakaran.
9. Oven sebagai tempat pengering briket dan kadar air briket.
10. Desikator digunakan untuk mendinginkan briket yang telah dipanaskan dari oven.
11. *Bomb Calorimeter* untuk mengukur nilai kalor.
12. Laptop TOSHIBA L735 digunakan untuk mengolah data.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kulit singkong.
2. Tepung tapioka.
3. Air.

3.3 Prosedur Penelitian

Diagram alir prosedur penelitian ditampilkan pada Gambar 3.1. Penelitian dimulai dari persiapan bahan briket hingga proses untuk penentuan komposisi terbaik.



Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan briket kulit singkong

Dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu menyiapkan bahan briket, proses karbonisasi, pengayakan, pencampuran dan pembuatan briket.

3.3.1 Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku briket yaitu menyiapkan kulit singkong sebanyak 10 kg sebagai bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan briket. Mengeringkan kulit singkong membutuhkan waktu selama 7 hari dengan menghasilkan kulit singkong kering sebanyak 4 kg. Menyiapkan tepung tapioka yang akan digunakan untuk perekat briket dengan variasi kadar perekatnya 10%, 15% , dan 20% dari berat briket. Selain itu, menyiapkan alat yang digunakan dalam pembuatan briket arang.

3.3.2 Karbonisasi

Proses karbonisasi atau pengarangan biasanya dilakukan dengan memasukkan bahan organik kedalam lubang atau ruangan yang dindingnya tertutup, seperti di dalam tanah atau tangka yang terbuat dari plat baja. Setelah dimasukkan, bahan disulut api hingga terbakar sampai menjadi arang yang berwarna hitam (Kurniawan dan Marsono, 2008). Prosedur karbonisasi kulit singkong antara lain:

1. menyiapkan kulit singkong yang sudah kering,
2. menyiapkan tong bekas untuk tempat karbonisasi,
3. memasukkan kulit singkong ke dalam tong bekas, dan menyalakan api di dalam tong yang sudah terisi kulit singkong,
4. mengamati proses karbonisasi hingga bahan baku sudah menjadi arang, dan
5. waktu yang diperlukan dalam karbonisasi kulit singkong ini sekitar 4 jam.

3.3.3 Pengecilan Ukuran dan Pengayakan

Pengecilan ukuran bahan dilakukan dengan menggunakan penumbuk. Arang kulit singkong yang telah mengalami proses karbonisasi kemudian ditumbuk menggunakan lumpang dan alu. Hasil pengecilan arang kulit singkong diayak dengan ayakan 60 *mesh* untuk kulit singkong untuk mendapatkan arang yang lembut dan mudah untuk dicetak menjadi briket.

3.3.4 Proses Pembuatan Perekat

Perekat digunakan dalam menyatukan bahan baku agar tidak patah atau retak saat proses pembuatan briket. Pembuatan perekat hanya mencampurkan tepung tapioka sebagai perekat dengan air panas sebanyak 45 ml. Jika tepung tapioka sudah tercampur dengan air panas dan menjadi seperti lem, perekat sudah siap digunakan.

3.3.5 Pencampuran Bahan Perekat dengan Arang

Pencampuran bahan briket dilakukan agar mendapatkan sebuah blok briket yang dapat digunakan. Perekat yang digunakan dalam pembuatan briket ini memiliki 3 variasi jumlah campuran yaitu 10%, 15% dan 20% dari kulit singkong. Tabel 3.1 merupakan tabel perbandingan bahan baku kulit singkong dengan perekat tepung tapioka.

Tabel 3.1 Perbandingan bahan baku kulit singkong dengan tepung tapioka

Perlakuan	Perbandingan Komposisi Bahan Baku dan Perekat	
	Kulit Singkong	Tepung Tapioka
P1	90% (45 gram)	10% (5 gram)
P2	85% (42,5 gram)	15% (7,5 gram)
P3	80% (40 gram)	20% (10 gram)

3.3.6 Pencetakan dan Pengepresan

Pencetakan briket dilakukan untuk mendapatkan sebuah produk briket yang berbentuk blok. Bahan baku yang telah tercampur kemudian dicetak menggunakan pengempa hidrolik. Pencetakan briket menghasilkan sebanyak 27 buah briket untuk diuji dalam 5 variabel pengamatan. Hal tersebut digunakan untuk analisis karakteristik briket dengan 3 kali pengulangan. Cetakan briket yang digunakan memiliki luas penampang 32 cm^2 dan tekanan yang digunakan dalam mengepres briket adalah $31,25 \text{ kg/cm}^2$.

3.3.7 Pengeringan Briket

Pengeringan briket dilakukan untuk mengurangi kadar air dan mengeras agar terhindar dari tumbuhnya jamur dan benturan fisik. Briket dikeringkan dengan menggunakan oven dengan waktu selama 7 jam dengan suhu 100°C .

3.3.8 Pengambilan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam memperoleh data nilai kalor, kadar air, kadar abu, laju pembakaran dan suhu pembakaran yaitu dengan melakukan 3 kali pengulangan pengukuran setiap analisis.

1. Pengambilan data kadar air

Perhitungan nilai kadar air dapat dilakukan dengan cara menimbang cawan kosong kemudian sampel briket dimasukkan kedalam cawan sebanyak 5 g. Sampel dimasukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya sebesar 105°C selama 24 jam, hal ini dilakukan agar briket mendapatkan kadar air yang konstan. Selanjutnya, cawan dan sampel briket dikeluarkan dari oven dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang massanya. Penentuan kadar air dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

2. Pengambilan data kadar abu

Penentuan kadar abu dapat dilakukan dengan cara membakar secara langsung briket yang telah jadi. Massa briket ditimbang terlebih dahulu sebelum dibakar. Penentuan kadar abu dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

3. Pengambilan data nilai kalor

Pengambilan data nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*, berikut merupakan proses atau tahapan dari pengambilan data nilai kalor.

- a. Menimbang sampel briket yang sudah dihaluskan sebanyak kurang lebih 1 gram kemudian dipres berbentuk pelet.
- b. Mengukur 10 cm *fuse wire*, kemudian dihubungkan dengan masing-masing elektroda dan kenakan pada sampel yang telah dibentuk pelet di dalam *bomb*.
- c. Mengisi gas oksigen ke dalam *bomb* dengan tekanan maksimum 30 atm.
- d. Menutup kontrol aliran gas dan tunggu beberapa saat kemudian.
- e. Membuang sisa oksigen dalam selang sampai regulator menunjukkan angka nol.
- f. Mengisi *bucket* dengan air suling kurang lebih 1,5 liter.

- g. Meletakkan *bucket* dalam *calorimeter*, memasukkan *bomb* ke dalam *bucket* hingga tepat kedudukannya kemudian menghubungkan terminal kabel pada *bomb*.
 - h. Menutup *calorimeter*, menghubungkan alat pengaduk, dan menunggu 5 menit sampai suhu air suling dalam *bucket* tidak berubah.
 - i. Mencatat suhu awal pada termometer.
 - j. Menekan *ignition unit* hingga lampu indikator mati dan melanjutkan menekan kurang lebih 5 menit.
 - k. Mencatat kenaikan suhu pada termometer.
 - l. Menunggu kurang lebih 3 menit, kemudian mencatat suhu akhir pada termometer.
 - m. Membuka *calorimeter* dan mengeluarkan *bomb*.
 - n. Membuang sisa gas oksigen dari dalam *bomb* sehingga habis seluruhnya.
 - o. Membilas permukaan *bomb*, memindahkan air dari *bucket* kedalam erlenmeyer.
 - p. Mengukur sisa *fuse wire* yang tidak terbakar.
 - q. Mentitrasi air dari *bucket* dengan larutan Na_2CO_3 dengan menggunakan indikator merah metil.
4. Pengambilan data laju pembakaran
- Penentuan data laju dan suhu pembakaran dapat dilakukan dengan cara membakar langsung briket. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data laju dan suhu pembakaran.
- a. Menimbang massa awal briket.
 - b. Menghidupkan termometer digital dan setting pada pengukuran temperatur.
 - c. Menyalakan briket pada kompor.
 - d. Menempatkan set pin pada nyala api briket.
 - e. Mencatat waktu awal setelah briket menyala.

- f. Mencatat temperatur api briket yang ditunjukkan oleh alat termometer digital dengan interval waktu 5 menit sampai briket habis terbakar.
- g. Mencatat lama waktu pembakaran sampai briket tidak menyala.
- h. Mengulangi kembali langkah diatas pada briket P1, P2 dan P3.

3.3.9 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *analysis of varians* (ANOVA) satu arah dengan masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan. Analisis data dapat mengetahui perbandingan kualitas dan karakteristik briket yang paling baik. Hasil data yang didapat akan diolah menggunakan Microsoft Excel 2010.

Cara mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong, digunakan analisis varians (anova) satu arah. Pada anova akan diuji hipotesis nol (H_0) dengan (H_1) paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku.

Perekat : μ_1, μ_2, μ_3 dan μ_4

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

“Tidak ada pengaruh secara nyata dari perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong”

H_0 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

“Ada pengaruh secara nyata dari perekat terhadap karakteristik briket arang kulit singkong”

Analisis varian satu arah adalah hasil perhitungan harga F_{hitung} (F_0), Kemudian dibandingkan dengan F_{tabel} (F_t) dengan taraf signifikan 0,05 ($\alpha = 5\%$) dan derajat kebebasan (dk) pembilang = $k-1$ dan derajat kebebasan penyebut = $\sum(n_i-1)$.

Kriteria pengujian ini adalah :

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ H_0 diterima ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$)

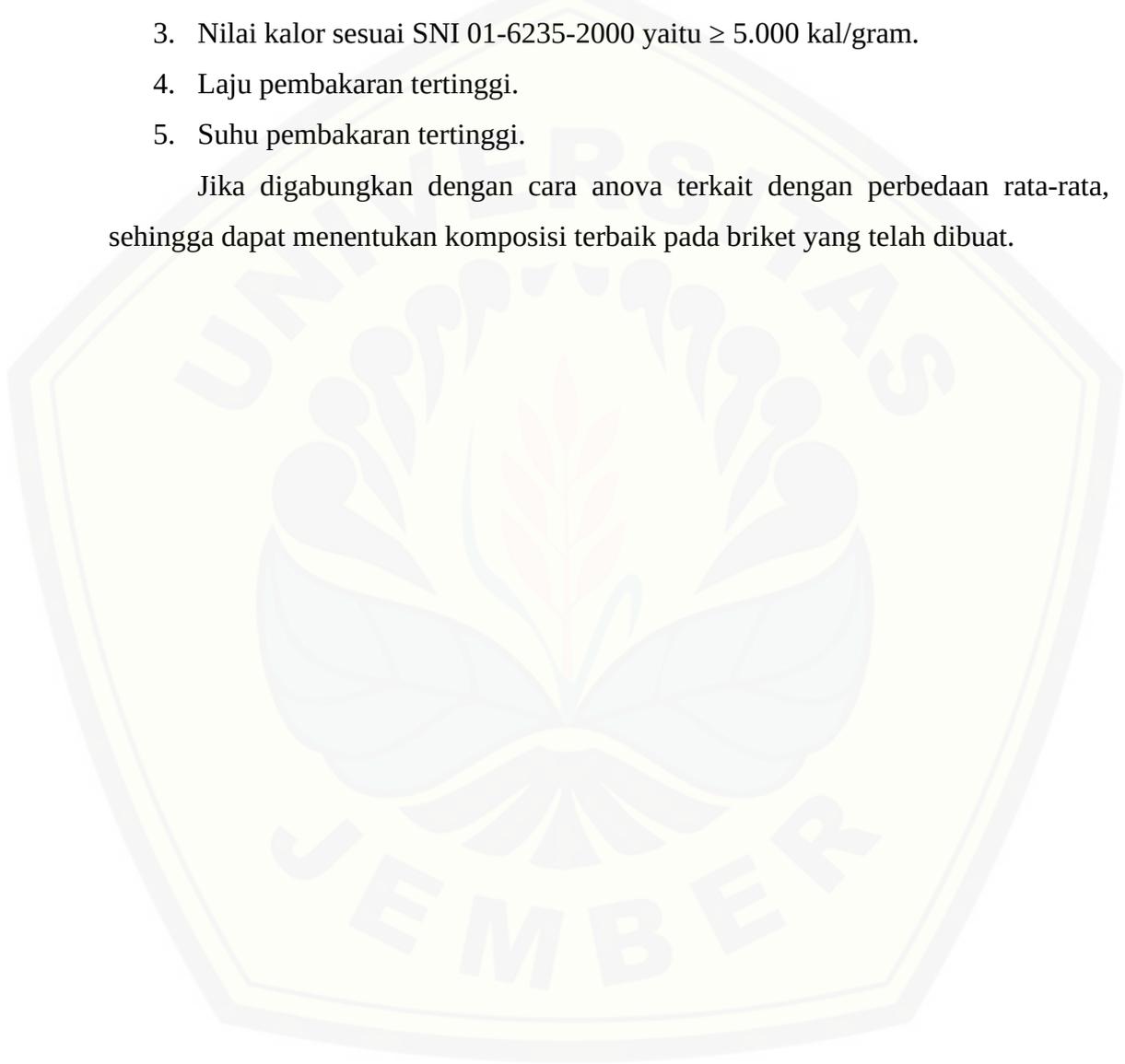
$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ H_0 ditolak ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$)

3.3.10 Penentuan Komposisi Terbaik

Cara menentukan komposisi yang terbaik dari pembuatan briket kulit singkong adalah dengan melihat variabel-variabel setiap perlakuan antara lain,

1. Kadar air sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu $\leq 8\%$.
2. Kadar abu sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu $\leq 8\%$.
3. Nilai kalor sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu ≥ 5.000 kal/gram.
4. Laju pembakaran tertinggi.
5. Suhu pembakaran tertinggi.

Jika digabungkan dengan cara anova terkait dengan perbedaan rata-rata, sehingga dapat menentukan komposisi terbaik pada briket yang telah dibuat.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran dari variabel pengamatan dalam penelitian briket ini didapatkan nilai kadar air terkecil pada komposisi kadar perekat 15% sebesar 5,39%, nilai kadar abu terkecil pada komposisi kadar perekat 15% sebesar 4,54%, nilai kalor tertinggi pada komposisi kadar perekat 20% sebesar 5126,67 kalori/gram, laju pembakaran tertinggi pada komposisi kadar perekat 20% sebesar 0,39 gram/menit dan suhu pembakaran tertinggi pada komposisi kadar perekat 20% sebesar 200°C.
2. Hasil uji statistik data menggunakan anova satu arah untuk menunjukkan kadar perekat memiliki pengaruh berbeda nyata pada masing-masing perlakuan. Setelah itu, dilanjutkan uji lanjutan uji Tukey dengan hasil kadar perekat beda nyata pada variabel pengamatan nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran. Briket arang kulit singkong terbaik dimiliki oleh briket dengan kadar perekat 20%. Hal ini dapat dilihat jika nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran yang tinggi serta nilai kadar air dan kadar abu sesuai dengan SNI nomor 01-6235-2000.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian briket arang dari kulit singkong yaitu pada saat pencampuran bahan, harus diperhatikan dengan benar agar briket yang dihasilkan seragam, kerapatan pada briket baik dan saat dilakukan pengujian menghasilkan data yang baik dan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. 1991. *Energi dan Elektrifikasi Pertanian*. Bogor: Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi IPB.
- Adan, I. U. 1998. *Membuat Tungku Bio Arang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Adan, I. U. 1998. *Teknologi Tepat Guna Membuat Briket Bioarang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Adyaningsih, E., R. Mamin., dan P. Salempa. 2017. *Pengaruh Variasi Perekat Tepung Sagu terhadap Nilai Kalor Briket Tongkol Jagung (Zea mays)*. Jurnal Chemical. Vol. 18 (1). 85-91.
- Almu A. M., Syahrul dan A. Y. Padang. 2014. *Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Bji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) dan Abu Sekam Padi*. <https://www.researchgate.net/publication/310599345> (31 Maret 2019).
- Anonimous. 1989. *Penelitian Pemanfaatan Sagu Sebagai Bahan Perekat*. Medan: Hasil Penelitian Industri DAPERWUAG.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Briket Arang Kayu SNI 01-6235-2000* [Serial Online] http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni/detail_sni/5781. [1 April 2019].
- Cory, Y. D. 2001. *Pengaruh Kadar Perekat dan Tekanan Kempa terhadap Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Serasah Daun Acacia mangium*. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Dharma. U. S., N. Rajabiah., dan C. Setyadi. 2017. *Pemanfaatan Limbah Blotong dan Bagase Menjadi Briket dengan Perekat Berbahan Baku Tetes Tebu dan Setilage*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. TURBO Vol. 6, No. 1. p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X.
- Goutara dan S. Wijandi. 1975. *Dasar Pengolahan Gula*. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Pertanian, Fatemeta IPB.
- Hartanto, F. P. dan F Alim. 2016. *Optimasi Kondisi Operasi Pirolisis Sekam Padi untuk Menghasilkan Bahan Bakar Briket Bioarang sebagai Bahan Bakar Alternatif*. <http://eprints.undip.ac.id/36721>. [2 April 2019].
- Hayati, R., W. Faradina, Irawan, Pengki, dan Andhini. 2008. *Pembuatan dan Analisis Nilai Kalor Briket Kulit Singkong*. Fateta IPB. Bogor.

- Hendra, D dan I. Winarni. 2003. *Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan: Bogor.
- Hendra, dan Darmawan. 2000. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perkat dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Hidayah, N. F. 2012, “*Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Menjadi kripik*”. http://data-smaku.blogspot.com/2012/10/karya-tulis-pemanfaatan-limbah-kulit_23.html. [29 April 2019].
- Hijrah, P. P. 2013. *Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Kulit Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan*. Jurnal Rekaya Proses. Vol.4. No. 1. H.117.
- Indrianti, N., K Rima., E Riyanti., dan AD Doddy. 2013. *Pengaruh Penggunaan Pati Ganyong, Tapioka, dan Mocaf sebagai Bahan Substitusi terhadap Sifat Fisik Mie Jagung Instan*. Subang: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Ismayana, A., dan MR Afriyanto. 2011. *Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurnal Teknik Industri Pertanian, Vol. 21 (3), 186-193.
- Kementrian Negara Riset dan Teknologi @2004.ristek.go.id.
- Kong, G. T. 2010. *Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Kurniawan,O. dan Marsono. 2008. *Superkarbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah Dan Gas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kusriningrum, R. 2010. Rancangan Percobaan. Cetakan ke-1. Dani Abadi. Surabaya.
- Masturin, A. 2002. *Uji Sifat Fisika dan Kimia Briket dari Campuran Arang Limbah Kulit Singkong dengan Variasi Cangkang Kelapa Sawit*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Ndraha, N. 2010. *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Nuha, A. U., Lutfianto., dan Sobaktyo. 2015. *Analisa Nilai Kalor dan Kadar Abu Briket Bioarang Campuran Serbuk Gergaji Kayu Johar dan Limbah Kulit*

- Pisang Kepok sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurnal Teknik Mesin. Vol.11. No.2.
- Nurhilal, O., Setianto, dan Suhandi, A. 2017. *Desain Kalorimeter Bomb Biomassa dengan Metode Oksigen Dinamik*. Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika. Vol.01. No.2.
- Pari, G. dan Hartoyo, 1983. *Beberapa Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Limbah Arang Aktif*. Puslitbang Hasil Hutan . Bogor.
- Rahayu, Gunawan dan Slamet. 2013. *Analisis Nilai Kalor Bioarang Sekam Padi dan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Briket Hybrid*. Jurnal Aplikasi Fisika. Vol.7.No.2.H3.
- Ruhendi, S., D.N Koroh, F.A Syamani, H. Yanti., Nurhaida., S.Saad, dan S. Sutjipto. 2007. *Analisis Perekatan Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rusdianto AS, Choiron M, dan Novijanto N. 2014. *Karakterisasi Limbah Industri Tape Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biopellet*. J. Industria. 1(3): 27-32.
- Sandi Nelsan. 2013. *Proses Pembuatan Briket Berbasis Kulit Singkong dan Kajian Eksperimen Parametris serta Pengaruh Bahan Perekat terhadap Nilai Kalor dan Laju Pembakaran*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol.6. No.2. H.1-8.
- Santosa., Mislaini R., dan Anugrah, S.P. 2010. *Studi Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket dari kotoran Sapi dan Limbah Pertanian*. <http://www.opi.lipi.go.id/data/1228964432/data/13086710321319787133.makalah.pdf>. [31 Maret 2019].
- Saputro, D. D., Widayat, W., Rusiyanto, Saptodi, H., Fauzun. 2012. *Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, Periode III. Yogyakarta: IST AKPRIND.
- Silalahi. 2000. *Penelitian Pembuatan Briket Kayu dari Serbuk Gergajian Kayu*. Bogor: Hasil Penelitian Industri DEPERINDAG.
- Sinurat E. 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete dan Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Sodiq MBP, dan Susila W. 2014. *Pembuatan Biobriket dari Campuran Arang Limbah Kulit Singkong dan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan*

Perekat Tetes Tebu. Jurnal Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya. Vol.3. No.2. H.301-309.

Sudjana, 1996. *Metode Stastika*. Taristo. Bandung .

Sudrajat, R 1983. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis perekat dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang*. Laporan No 165. Puslitbang Hasil Hutan, Bogor.

Suherman, I., dan Melati. 2009. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong*, UKM Tapioka Kabupaten Pati. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Bandung.

Supardi. 2013. *Aplikasi Statistika dalam Penelitian Edisi Revisi Konsep Statistika yang Lebih Komprehensif*. Jakarta: Change Publication.

Tjokrowisastro, E.H., dan BUK Widodo. 1990. *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*. ITS. Surabaya.

Wahyu, N. 2009. *Uji Karakteristik Briket Dari Limbah Kulit Singkong (Manihot utilissima) dan Pengaruh Perekat Terhadap Nilai Kalor Pembakaran*. Jurnal Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo. Vol.4. No.2.

Wahyusi. K.N., R. Dewati,R. P. Regilia dan T. Kharisma. 2012. *Briket Arang Kulit Kacang Tanah dengan Proses Karbonisasi*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. UPN. Surabaya.

Wijaya, P. 2012. *Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket*. Skripsi Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Kulit singkong



Pengeringan kulit singkong



Karbonisasi



Pengecilan ukuran



Pengayakan



Penimbangan bahan baku



Pencampuran bahan



Pencetakan briket



Pengeringan briket



Briket yang sudah jadi



Pengeringan kadar air



Pendinginan setelah pengeringan



Pengukuran kadar air



Pengukuran suhu pembakaran dan laju pembakaran



Pengukuran kadar abu

Lampiran 2. Data pengukuran kadar air

Kadar Perekat	Ulangan	Berat cawan (g)	Berat sampel (g)	Berat cawan dan sampel setelah dioven (g)	Berat Cawan+Sampel awal (g)	Kadar air (%)	Rata-rata (%)
10%	1	5,21	5	11,95	12,48	7,29	6,48
	2	3,95	5	9,60	9,97	6,15	
	3	5,43	5	12,95	13,43	6,00	
15%	1	5,22	5	10,21	10,61	7,42	5,39
	2	3,84	5	7,90	8,07	4,02	
	3	5,12	5	10,98	11,27	4,72	
20%	1	3,87	5	7,69	7,95	6,37	6,28
	2	5,15	5	10,43	10,79	6,38	
	3	3,92	5	8,56	8,86	6,07	

Lampiran 3. Data pengukuran kadar abu

Kadar Perekat	Ulangan	Massa Awal (g)	Sisa Abu (gr)	Kadar Abu (%)	Rata-Rata (%)
10%	1	50,52	15,86	3,19	4,88
	2	49,38	9,13	5,41	
	3	54,46	9,00	6,05	
15%	1	50,22	14,77	3,40	4,54
	2	51,79	8,16	6,35	
	3	55,71	14,41	3,87	
20%	1	53,07	7,25	7,32	6,42
	2	50,73	12,59	4,03	
	3	56,38	7,12	7,92	

Lampiran 4. Data pengukuran nilai kalor

Kadar Perekat	Ulangan	Massa Awal (g)	Nilai kalor (kal/g)	Rata-Rata (%)
10%	1	0,5	4517,3	4267,5
	2	0,5	4267,5	
	3	0,5	4017,7	
15%	1	0,5	4728,6	4724,37
	2	0,5	4724,4	
	3	0,5	4720,1	
20%	1	0,5	5123,7	5126,67
	2	0,5	5126,7	
	3	0,5	5129,6	

Lampiran 5. Data pengukuran laju pembakaran

Kadar Perekat	Ulangan	Menit	Detik	Waktu Pembakaran (s)	Massa Briket (g)	Laju Pembakaran (g/menit)	Rata-Rata (g/menit)
10%	1	163	60	9780	50,52	0,31	0,28
	2	214	60	12840	49,38	0,23	
	3	187	60	11220	54,46	0,29	
15%	1	163	60	9780	50,22	0,31	0,31
	2	180	60	10800	51,79	0,29	
	3	162	60	9720	55,71	0,34	
20%	1	143	60	8580	53,07	0,37	0,39
	2	120	60	7200	50,73	0,42	
	3	152	60	9120	56,38	0,37	

Lampiran 6. Data pengukuran suhu pembakaran

Tapioka 10% (5 gram)				
Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	34	35	36	35,00
5	57	60	66	61,00
10	76	90	96	87,33
15	110	113	100	107,67
20	127	133	127	129,00
25	186	170	180	178,67
30	220	190	200	203,33
35	283	250	248	260,33
40	210	190	170	190,00
45	115	116	104	111,67
50	125	118	179	140,67
55	140	136	142	139,33
60	236	206	151	197,67
65	175	150	158	161,00
70	150	125	171	148,67
75	130	138	138	135,33
80	107	113	115	111,67
85	160	151	181	164,00
90	130	120	127	125,67
95	190	144	160	164,67
100	163	150	132	148,33
105	118	113	105	112,00
110	90	230	141	153,67
115	310	370	299	326,33
120	127	165	135	142,33
125	137	155	148	146,67
130	107	152	278	179,00
135	97	145	187	143,00
140	300	275	205	260,00
145	123	250	180	184,33
150	97	136	165	132,67
155	74	120	132	108,67
160	54	136	93	94,33
165	32	128	84	81,33
170		120	154	137,00
175		102	81	91,50
180		87	52	69,50
185		155	36	95,50
190		108		108,00
195		101		101,00
200		92		92,00
205		80		80,00
210		63		63,00
215		34		34,00

220				
225				
230				
235				
240				
Max	310,00	370,00	299,00	326,33
Min	32,00	34,00	36,00	34,00
Rata-Rata	141	141	144	135
standar deviasi	69,50	62,86	58,45	57,99

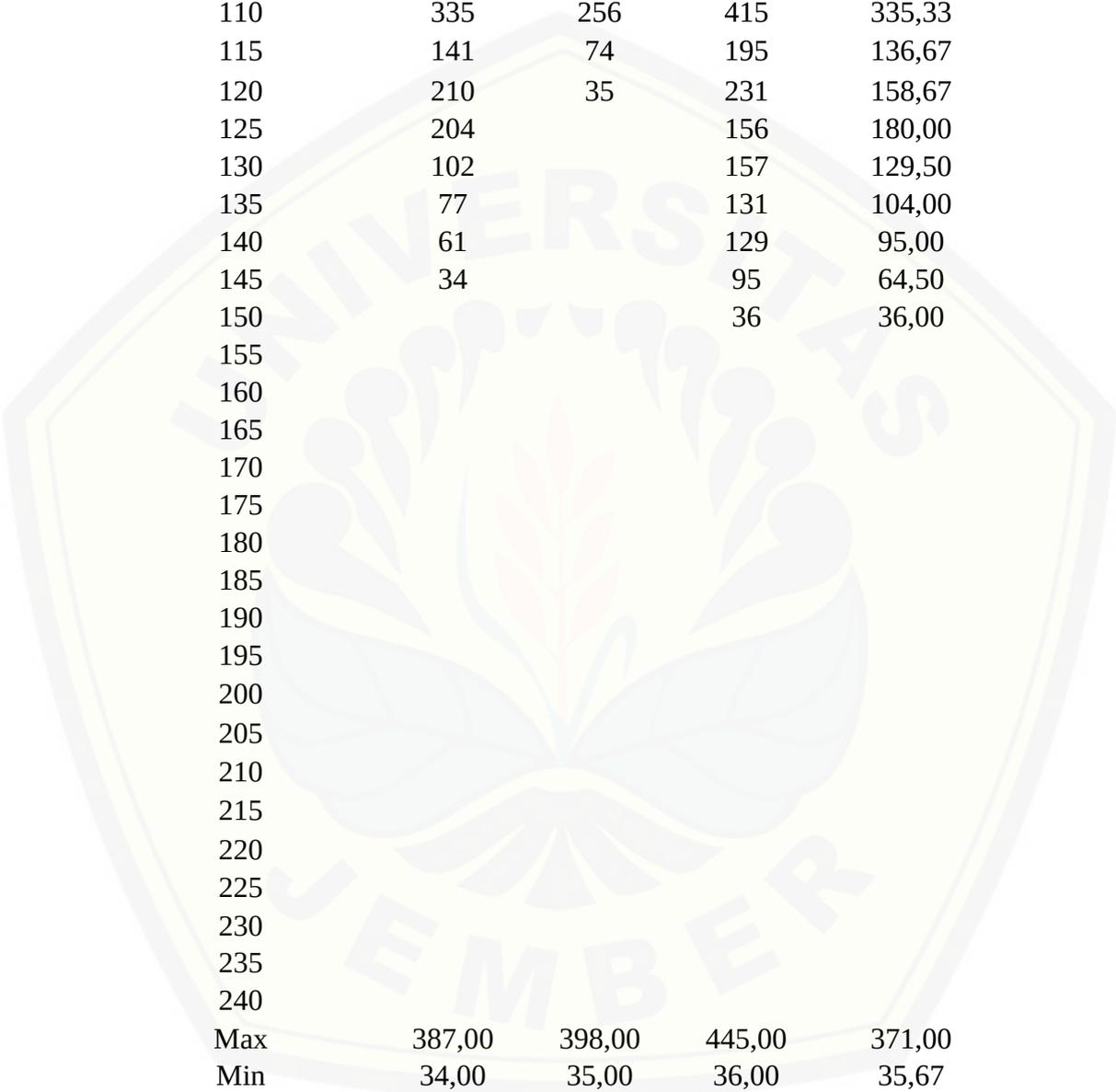
Tapioka 15% (7,5 gram)

Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	34	33	34	33,67
5	67	87	130	94,67
10	297	357	362	338,67
15	210	382	329	307,00
20	384	138	165	229,00
25	144	135	139	139,33
30	166	131	162	153,00
35	208	116	155	159,67
40	173	126	116	138,33
45	183	140	148	157,00
50	213	148	146	169,00
55	190	147	152	163,00
60	176	147	431	251,33
65	175	132	370	225,67
70	121	120	81	107,33
75	110	92	117	106,33
80	245	116	289	216,67
85	226	130	115	157,00
90	158	289	131	192,67
95	125	147	152	141,33
100	103	107	191	133,67
105	132	108	102	114,00
110	152	167	122	147,00
115	190	150	166	168,67
120	198	205	153	185,33
125	201	156	124	160,33
130	224	198	204	208,67
135	190	116	121	142,33
140	150	131	118	133,00
145	246	285	137	222,67
150	171	151	120	147,33
155	108	94	53	85,00

160	43	165	45	84,33
165	34	143	36	71,00
170		119		119,00
175		75		75,00
180		33		33,00
185				
190				
195				
200				
205				
210				
215				
220				
225				
230				
235				
240				
Max	384,00	382,00	431,00	338,67
Min	34,00	33,00	34,00	33,00
Rata-Rata	169	149	159	154
standar deviasi	71,88	73,61	93,54	66,00

Tapioka 20% (10 gram)

Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	36	35	36	35,67
5	57	64	48	56,33
10	150	108	105	121,00
15	152	133	131	138,67
20	308	345	309	320,67
25	328	355	372	351,67
30	387	362	355	368,00
35	316	398	340	351,33
40	151	201	201	184,33
45	345	323	445	371,00
50	201	310	208	239,67
55	174	237	249	220,00
60	190	383	180	251,00
65	350	356	263	323,00
70	216	297	153	222,00
75	171	278	305	251,33
80	122	221	195	179,33



85	162	166	178	168,67
90	165	241	215	207,00
95	205	265	230	233,33
100	204	162	210	192,00
105	194	176	178	182,67
110	335	256	415	335,33
115	141	74	195	136,67
120	210	35	231	158,67
125	204		156	180,00
130	102		157	129,50
135	77		131	104,00
140	61		129	95,00
145	34		95	64,50
150			36	36,00
155				
160				
165				
170				
175				
180				
185				
190				
195				
200				
205				
210				
215				
220				
225				
230				
235				
240				
Max	387,00	398,00	445,00	371,00
Min	34,00	35,00	36,00	35,67
Rata-Rata	192	231	208	200
standar deviasi	97,66	112,26	104,54	99,41
