



**ANALISIS KARAKTERISTIK BRIKET DARI CAMPURAN KULIT KOPI
(*Coffea Arabica*) DAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI DENGAN
PEREKAT TEPUNG TAPIOKA**

SKRIPSI

Oleh:

**Aldie Alfiyan Andriyansah
NIM 181710201026**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2022**



**ANALISIS KARAKTERISTIK BRIKET DARI CAMPURAN KULIT KOPI
(*Coffea Arabica*) DAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI DENGAN
PEREKAT TEPUNG TAPIOKA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Pertanian (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

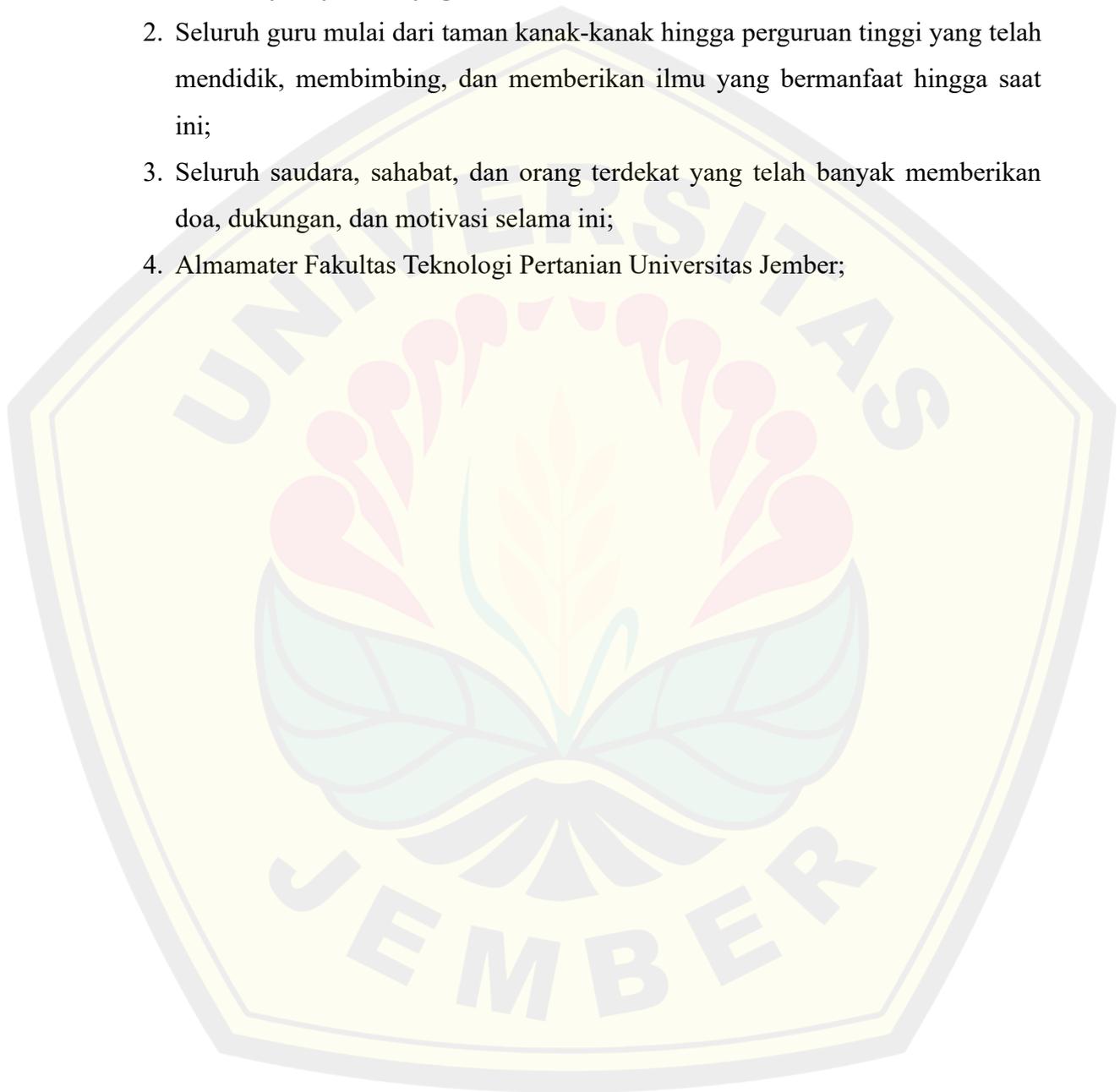
**Aldie Alfijan Andriyansah
NIM 181710201026**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2022**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta Alm. Bapak Sukram Efendi dan Ibu Andriyani, serta kakak saya Nyoto Prayugo;
2. Seluruh guru mulai dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mendidik, membimbing, dan memberikan ilmu yang bermanfaat hingga saat ini;
3. Seluruh saudara, sahabat, dan orang terdekat yang telah banyak memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama ini;
4. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;



MOTTO

“Gantungkan cita-cita mu setinggi langit! Bermimpilah setinggi langit, jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang”

(Ir. Soekarno)

“Tujuan pendidikan itu untuk mempertajam kecerdasan, memperkukuh kemauan serta memperhalus perasaan”

(Tan Malaka)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aldie Alfiyan Andriyansah

NIM : 181710201027

Menyatakan bahwa dengan sesungguhnya karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis Karakteristik Briket dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea arabica*) dan Sebuk Gergaji Kayu Jati dengan Perekat Tepung Tapioka” adalah benar – benar hasil karya dan tulisan saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi yang sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan, paksaan dari pihak manapun dan bersedia mendapat sanksi akademik apabila pernyataan ini ditemui ketidak benaran di kemudian hari.

Jember, 12 Januari 2023
Yang menyatakan,

Aldie Alfiyan Andriyansah
NIM 181710201026

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK BRIKET DARI CAMPURAN KULIT KOPI
(*Coffea Arabica*) DAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI DENGAN
PEREKAT TEPUNG TAPIOKA**

Oleh:

**Aldie Alfiyan Andriyansah
NIM 181710201026**

Pembimbing :

Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Karakteristik Briket dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea Arabica*) dan Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Perakat Tepung Tapioka” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Jumat, 12 Januari 2023

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama

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

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Ir. Tasliman, M. Eng
NIP. 196208051993021002

Sutarsi S.TP., M.Sc., IPM.
NIP. 198109262005012002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Ir Bambang Marhaenanto, M.Eng.IPM
NIP. 196312121990031002

RINGKASAN

Analisis Karakteristik Briket dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea Arabica*) dan Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Perekat Tepung Tapioka; Aldie Alfyan Andriyansah, 181710201026; 2022; 55 halaman; Program Studi Teknik Pertanian; Fakultas Teknologi Pertanian; Universitas Jember.

Limbah merupakan sampah sisa hasil produksi yang mengandung bahan-bahan yang dapat menimbulkan polusi dan dapat mengganggu kesehatan. Limbah terdiri dari 2 jenis, yaitu limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik yang dihasilkan, semakin tahun terus meningkat dengan jumlah yang besar. Limbah dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bahan bakar alternatif dengan memanfaatkan energi biomassa. Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang melimpah serta dapat diperbarui. Sumber energi biomassa yang potensial untuk dijadikan biobriket adalah limbah perkebunan dan limbah industri yang masih belum dimanfaatkan secara optimal, diantaranya limbah kopi dan serbuk gergaji kayu jati. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh perbedaan komposisi briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap karakteristiknya (kadar air, kadar abu, laju pembakaran, suhu pembakaran dan nilai kalor) dan mengetahui komposisi briket terbaik berdasarkan SNI No.1-6235-2000. Variabel perlakuan dalam penelitian ini adalah perbedaan komposisi briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati. Adapun komposisi briket campuran kulit kopi : serbuk gergaji dalam setiap perlakuan yaitu P1(10% : 90%), P2 (30% : 70%), P3 (50% : 50%), P4 (70% : 30%), dan P5 (90% : 10%) dengan penambahan perekat tepung tapioka pada setiap perlakuan adalah 10% (5 gram) dari total berat setiap sampel yaitu 50 gram. Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik anova satu arah untuk mengetahui perbedaan nyata pada setiap perlakuan. Dari hasil penelitian diketahui komposisi briket terbaik terdapat pada perlakuan P1 dengan kadar air sebesar 2,665%, kadar abu sebesar 7,885%, laju pembakaran sebesar 0,270 g/menit, suhu pembakaran 256,024 °C, dan nilai kalor sebesar 6767 kal/gram.

SUMMARY

Analysis of Briquette Characteristics from a Mixture of Coffee Peel (*Coffea Arabica*) and Teak Sawdust with Tapioca Flour Adhesive; Aldie Alfiyan Andriyansah, 181710201026; 2022; 55 pages; Agricultural Engineering Study Program; Faculty of Agricultural Technology; University of Jember.

Waste is the residual waste produced by production which contains materials that can cause pollution and can be detrimental to health. The waste consists of 2 types, namely organic waste and inorganic waste. The organic waste that is produced, continues to increase every year in large quantities. Waste can be used to manufacture alternative fuels by utilizing biomass energy. Biomass is one of the abundant and renewable energy sources. Potential sources of biomass energy to be used as bio briquettes are plantation waste and industrial waste which are still not used optimally, including coffee waste and teak sawdust. This study aims to determine the effect of differences in the composition of briquettes mixed with coffee husk and teak sawdust on their characteristics (moisture content, ash content, combustion rate, combustion temperature, and calorific value) and determine the best briquette composition based on SNI No.1-6235-2000. The treatment variable in this study was the difference in the composition of the briquette mixture of coffee husk and teak sawdust. The composition of the briquette mixture of coffee husks: and sawdust in each treatment was P1 (10%: 90%), P2 (30%: 70%), P3 (50%: 50%), P4 (70%: 30%), and P5 (90%: 10%) with the addition of tapioca starch adhesive in each treatment was 10% (5 grams) of the total weight of each sample, namely 50 grams. Data analysis was carried out using a one-way ANOVA statistical test to determine the significant difference in each treatment. From the results of the study, it was known that the best briquette composition was found in P1 treatment with a moisture content of 2.665%, ash content of 7.885%, combustion rate of 0.270 g/minute, the combustion temperature of 256.024 °C, and calorific value of 6767 cal/gram.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Briket dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea arabica*) dan Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Perakat Tepung Tapioka”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan saran dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua Alm. Bapak Sukram Efendi dan Ibu Andriyani yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan moril maupun materil kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan sampai jenjang Universitas;
2. Bapak Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan ilmu, waktu, dan membimbing penulis sehingga skripsi dapat diselesaikan dengan baik;
3. Ir. Tasliman, M. Eng. Selaku ketua dosen penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta memberikan evaluasi dan masukan dalam membimbing penulisan skripsi ini;
4. Sutarsi S.T.P., M.Sc., IPM., selaku Dosen Penguji kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta memberikan evaluasi dan masukan dalam membimbing penulisan skripsi ini;
5. Rufiani Nadzirah, S. TP., M. T. selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) dan komisi bimbingan yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta bimbingan selama kegiatan perkuliahan;
6. Segenap dosen pengampu matakuliah yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama kegiatan perkuliahan;
7. Rekan penelitian briket (Damar dan Dika) yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk bertukar pikiran selama menjalani penelitian hingga tersusunnya naskah skripsi;

8. Teman-teman KWN 38 dan TEP C 2018 yang telah memberi semangat, dukungan, dan doa kepada penulis;
9. Keluarga besar yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan masukan selama penyusunan skripsi ini;

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan kepada mereka semua. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Saya berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan khususnya bagi pembaca dalam hal pengembangan ilmu pengetahuan.

Jember, 12 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB. 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB. 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biomassa	5
2.2 Briket Arang	5
2.3 Kulit Kopi Arabika	7
2.4 Serbuk Gergaji Kayu Jati	8
2.5 Bahan Perekat	9
2.6 Teori Pembakaran	10
2.7 Karbonisasi	11
2.8 Densifikasi	13
2.9 Karakteristik Briket Arang	14
2.9.1 Nilai Kalor.....	14
2.9.2 Laju Pembakaran.....	14

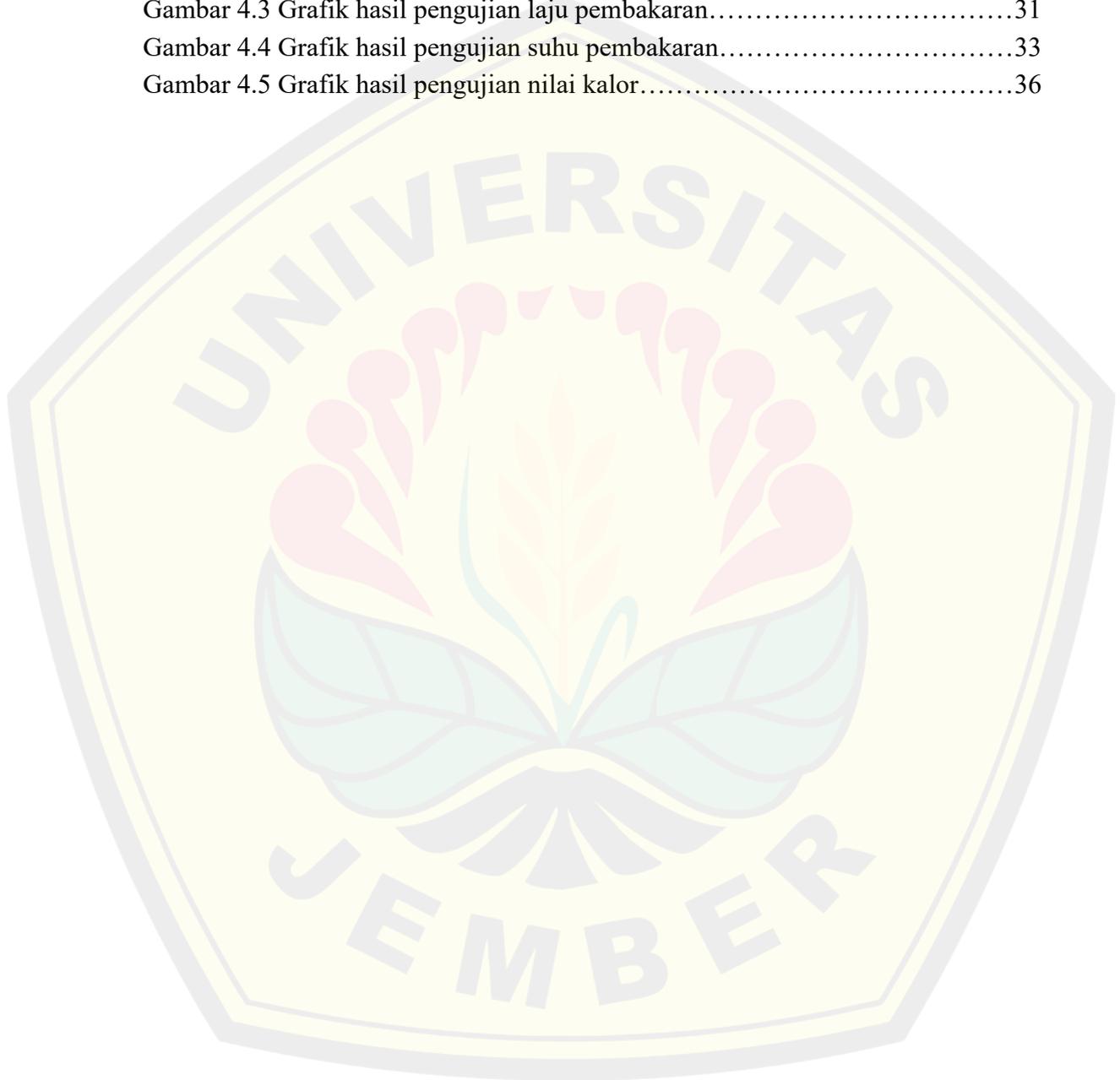
2.9.3 Suhu Pembakaran.....	14
2.9.4 Kadar Air.....	15
2.9.5 Kadar Abu.....	15
BAB. 3 METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	18
3.3.2 Pengeringan Bahan.....	18
3.3.3 Karbonisasi.....	18
3.3.4 Pengecilan dan Pengayakan Arang.....	19
3.3.5 Pembuatan Bahan Perekat.....	19
3.3.6 Pencampuran Arang dan Bahan Perekat.....	19
3.3.7 Densifikasi dan Pencetakan briket arang.....	20
3.3.8 Pengeringan briket arang.....	20
3.3.9 Pengujian dan Pengambilan Data.....	21
3.3.10 Analisis Data.....	22
3.3.11 Penentuan Komposisi Terbaik.....	25
BAB. 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Kadar Air.....	26
4.2 Kadar abu.....	28
4.3 Laju Pembakaran.....	31
4.4 Suhu Pembakaran.....	33
4.5 Nilai Kalor.....	35
4.6 Penentuan Komposisi Terbaik Briket.....	37
BAB. 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar mutu SNI biobriket arang.....	7
Tabel 2.2 Kandungan kimia pada serbuk kayu.....	8
Tabel 3.1 Alat pembuatan biobriket arang.....	16
Tabel 3.2 Bahan pembuatan biobriket arang.....	16
Tabel 3.3 Perbandingan bahan baku kulit kopi dan serbuk gergaji.....	20
Tabel 4.1 Analisis kadar air menggunakan anova satu arah.....	27
Tabel 4.2 Hasil uji Tukey pasangan perlakuan terhadap kadar air.....	28
Tabel 4.3 Analisis kadar abu menggunakan anova satu arah.....	30
Tabel 4.4 Hasil uji Tukey pasangan perlakuan terhadap kadar abu.....	30
Tabel 4.5 Analisis laju pembakaran menggunakan anova satu arah.....	32
Tabel 4.6 Hasil uji Tukey pasangan perlakuan terhadap laju pembakaran.....	32
Tabel 4.7 Analisis suhu pembakaran menggunakan anova satu arah.....	34
Tabel 4.8 Hasil uji Tukey pasangan perlakuan terhadap suhu pembakaran.....	35
Tabel 4.9 Hasil uji scoring.....	37

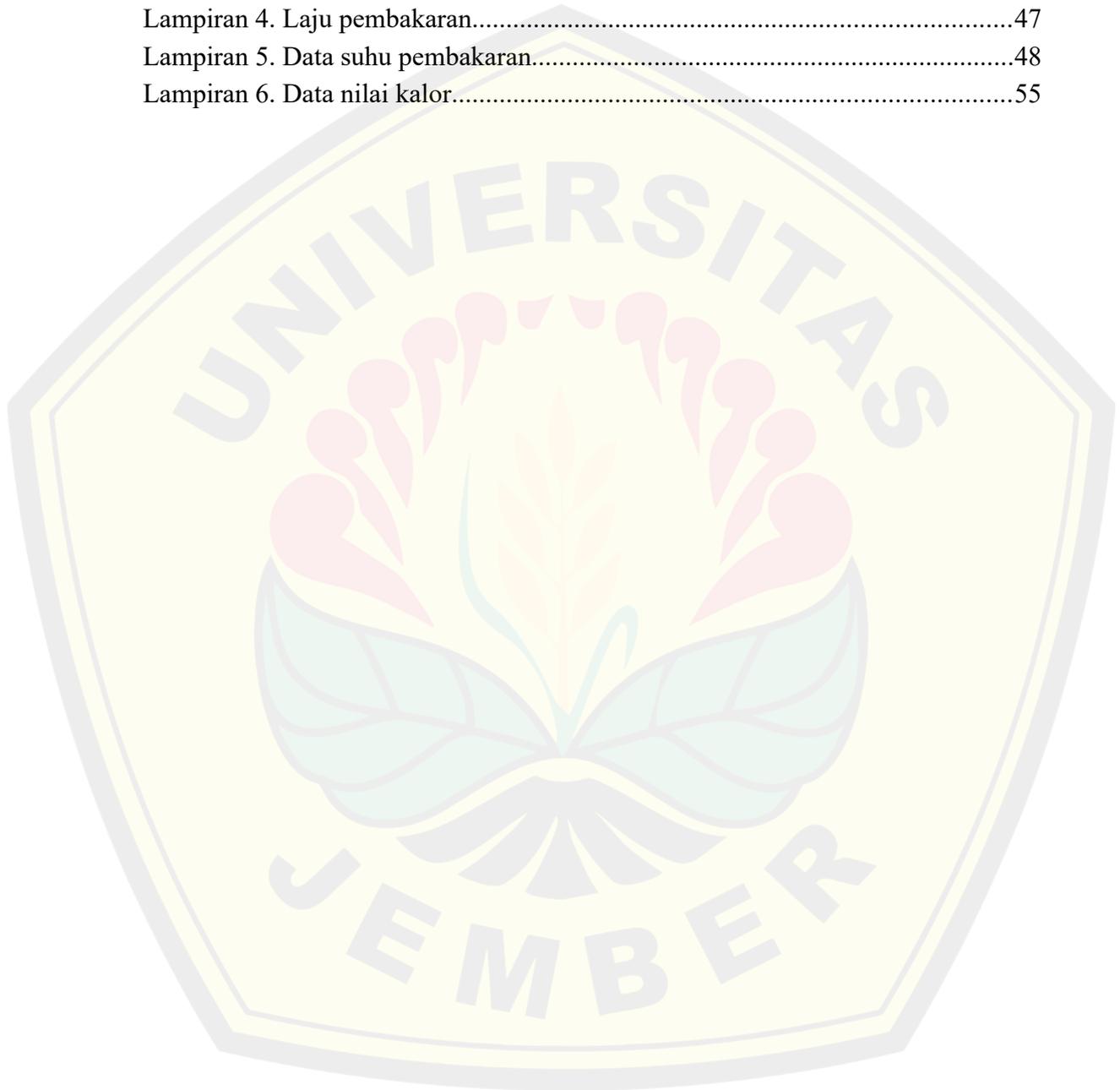
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan briket arang.....	17
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kadar air.....	26
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kadar abu.....	29
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian laju pembakaran.....	31
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran.....	33
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian nilai kalor.....	36



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi penelitian.....	42
Lampiran 2. Data kadar air.....	45
Lampiran 3. Data kadar abu.....	46
Lampiran 4. Laju pembakaran.....	47
Lampiran 5. Data suhu pembakaran.....	48
Lampiran 6. Data nilai kalor.....	55



BAB. 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan sampah sisa hasil produksi yang mengandung bahan-bahan yang dapat menimbulkan polusi dan dapat mengganggu kesehatan. Limbah terdiri dari 2 jenis, yaitu limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik yang dihasilkan, semakin tahun terus meningkat dengan jumlah yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan suatu usaha untuk dapat mengolah sampah tersebut menjadi suatu barang yang berguna dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan limbah dapat dilakukan dengan cara mendaur-ulang sampah tersebut menjadi barang kerajinan ataupun barang jadi lainnya. Selain itu, limbah juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bahan bakar alternatif dengan memanfaatkan energi biomassa.

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang melimpah serta dapat diperbarui. Biomassa perlu mendapatkan prioritas dalam pengembangannya karena Indonesia merupakan negara agraris yang menghasilkan limbah pertanian yang sangat melimpah. Penggunaan energi biomassa memiliki kecenderungan murah karena bahan baku yang digunakan ketersediannya melimpah dan cara pengolahannya juga tidak rumit serta memiliki harga yang murah (Mulyadi *et al.*, 2013). Salah satu pemanfaatan dari bahan biomassa yaitu biobriket atau briket arang.

Biobriket atau briket arang merupakan bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Pada proses pembriketan dilakukan proses pengolahan arang hasil karbonisasi yang mengalami perlakuan penggerusan, pencampuran bahan baku, pencetakan dan pengeringan pada kondisi tertentu (Thoha *et al.*, 2010). Briket dengan kualitas yang baik memiliki kadar air, kadar abu, kadar zat terbang yang rendah, tetapi memiliki kerapatan, nilai kalor dan suhu api (bara) yang dihasilkan tinggi (Saleh *et al.*, 2017). Salah satu energi biomassa yang potensial untuk dijadikan biobriket adalah limbah perkebunan dan limbah industri yang masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Salah satu limbah perkebunan yang belum dimanfaatkan yaitu limbah kulit kopi. Hingga saat ini limbah kulit kopi masih belum dimanfaatkan secara optimal oleh pabrik pengolahan kopi. Selama ini pabrik memanfaatkan limbah kulit kopi sebagai pakan ternak, pupuk tanaman, dan biogas, bahkan sebagian dibuang langsung ke alam. Limbah kulit kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku briket, mengingat bahwa kulit kopi memiliki nilai kalor yang tinggi, kadar air yang rendah, serta kandungan sulfur yang cukup rendah. Namun, briket arang dari limbah kulit kopi masih memiliki nilai kalor kurang dari standar briket batubara rumah tangga yang memiliki standart minimal 5000 kal/g, sehingga perlu dilakukan penambahan bahan lain untuk meningkatkan kualitas briket kulit kopi (Budiawan *et al.*, 2014). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sudarsono *et al.*, (2010), kulit kopi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu 4.346,16 kal/g. Namun ketika dijadikan briket bioarang dan diberi tambahan bahan lain dapat meningkatkan nilai kalornya sebesar 5416,28 kal/g.

Penambahan serbuk gergaji kayu jati pada briket kulit kopi diharapkan dapat meningkatkan nilai kalor briket kulit kopi. Pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan pembuatan briket masih jarang dilakukan, karena selama ini limbah serbuk gergaji kayu jati dari industri penggergajian hanya dibakar begitu saja. Penggunaan limbah serbuk gergaji kayu sebagai bahan bakar menghasilkan nilai kalor sebesar 4491,2 kal/g. Namun jika serbuk kayu jati dimanfaatkan sebagai briket arang akan menghasilkan nilai kalor cukup besar yaitu 5786,37 kal/g (Yudanto *et al.*, 2009).

Selain bahan utama yaitu kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati, pembuatan briket juga membutuhkan bahan perekat. Bahan perekat tepung tapioka berfungsi untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku, serta penggunaan tepung tapioka juga dapat menghasilkan briket yang tidak berasap, tahan lama namun penambahan nilai kalor tidak setinggi perekat lain karena tepung tapioka tidak memiliki komponen yang mudah menguap (Sobirin, 2015).

Pembuatan briket dengan campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dengan tepung tapioka sebagai perekat, diharapkan dapat menambah nilai kalor

dari briket sehingga sesuai dengan standar nilai kalor yang ditetapkan. Pembuatan briket campuran dari kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati bertujuan untuk memperoleh suatu sumber energi alternatif yang dapat digunakan oleh masyarakat. Oleh karena itu, diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menghasilkan briket dengan kualitas yang baik sehingga dapat membantu masyarakat untuk menanggulangi limbah dan memberikan sumber energi alternatif yang memiliki harga terjangkau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik briket arang (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) campuran limbah kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati?
2. Bagaimana komposisi terbaik dalam pembuatan briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu perlakuan variasi kadar arang kulit kopi dan serbuk gergaji sebagai bahan tambahan adalah 10%:90%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, 90%:10%. Pengukuran dan pengujian yang dilakukan hanya terhadap kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran. Analisis data yang digunakan dalam pembuatan briket adalah analysis of varians (*Anova*) satu arah.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menguji karakteristik briket arang (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) campuran limbah kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati.

2. Menentukan komposisi terbaik dalam pembuatan briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi IPTEK dapat memberikan pengetahuan tentang karakteristik briket dan dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Bagi pemerintah memberikan pengetahuan bahwa limbah kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang mulai langka dan mahal.
3. Bagi masyarakat dapat memberikan informasi dan wawasan kepada masyarakat bahwa limbah kulit kopi dan serbuk gergaji dapat digunakan dan dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dengan harga yang terjangkau.

BAB. 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi bersih yang dapat diperbarui yang dihasilkan oleh proses fotosintesis. Biomassa dapat digunakan untuk tujuan serat, pakan ternak, minyak nabati, dan sumber energi (bahan bakar). Kandungan energi pada biomassa cukup tinggi yaitu berkisar antara 4000 – 5000 kal/g (Wijaya *et al.*, 2012). Biomassa yang umum digunakan sebagai bahan bakar yaitu bahan yang memiliki nilai ekonomis rendah atau limbah setelah diambil produk primernya.

Sumber energi yang berasal dari biomassa memiliki beberapa kelebihan yaitu merupakan sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable*) sehingga ketersediaan sumber energi dapat berkesinambungan (*sustainable*) (Parinduri *et al.*, 2020). Biomassa sangat mudah ditemukan di aktivitas pertanian, peternakan, kehutanan, perkebunan, perikanan dan limbah-limbah lainnya. Contoh pemanfaatan limbah aktivitas perkebunan menjadi biomassa yaitu kayu bakar dan arang (Patabang, 2012). Bahan biomassa yang dapat digunakan untuk pembuatan briket berasal dari (Patabang, 2012):

1. Limbah pengolahan kayu seperti sisa penebangan, kulit kayu, gergaji, dan limbah kayu.
2. Limbah pertanian seperti jerami, sekam, ampas tahu dan daun kering.
3. Limbah bahan berserat seperti serat kapas, goni, dan sabut kelapa.
4. Limbah pengolahan pangan seperti kulit kacang-kacangan, biji-bijian, dan kulit-kulitan.
5. Sellulosa seperti limbah kertas dan karton.

2.2 Briket Arang

Briket arang merupakan bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang mempunyai bentuk tertentu. Dalam Proses pembriketan dilakukan proses pengolahan karbon hasil karbonisasi yang mengalami perlakuan penggerusan, pencampuran bahan baku, pencetakan dan pengeringan pada kondisi tertentu (Thoha *et al.*, 2010). Briket dengan kualitas

yang baik memiliki kadar air, kadar abu, kadar zat terbang yang rendah, tetapi memiliki kerapatan, nilai kalor dan suhu api (bara) yang dihasilkan tinggi (Saleh *et al.*, 2017).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi dan tekanan pada saat pencetakan (Fitri, 2017). Variasi kadar campuran bahan baku juga mempengaruhi sifat briket dan syarat-syarat briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam ditangan. Briket juga harus memenuhi kriteria bahan bakar seperti mudah dinyalakan. Tidak mengeluarkan asap, emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun, kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur ketika disimpan dalam waktu yang lama, dan menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran dan suhu pembakaran) yang baik.

Tahapan-tahapan pada proses pembriketan adalah (Thoha *et al.*, 2010):

1. Pengggerusan/*crushing*, yaitu dilakukan penggerusan pada bahan baku briket untuk mendapatkan ukuran butir tertentu.
2. Pencampuran/*mixing*, yaitu proses mencampur bahan baku briket dengan perekat pada komposisi tertentu untuk mendapatkan adonan yang homogen.
3. Pencetakan, yaitu proses mencetak adonan briket menjadi bentuk tertentu sesuai kebutuhan.
4. Pengeringan, yaitu proses mengeringkan briket menggunakan udara panas pada temperatur tertentu untuk menurunkan kandungan air pada briket.
5. Pengemasan/*packaging*, yaitu proses pengemasan produk briket sesuai dengan spesifikasi kualitas dan kuantitas yang telah ditentukan.

Proses pembriketan dilakukan untuk menghasilkan briket yang mempunyai bentuk, ukuran fisik dan sifat kimia yang memenuhi standart baku mutu briket. Kriteria briket mangacu pada SNI briket arang kayu yaitu SNI 01-6235-2000 dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Standar mutu SNI biobriket arang

Variabel	Satuan	Standar SNI
Kadar Air	%	≤ 8
Kadar Abu	%	≤ 8
Nilai Kalor	kal/g	≥ 5000

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000)

2.3 Kulit Kopi Arabika

Kopi merupakan salah satu penghasil sumber devisa Indonesia. Tanaman kopi termasuk dalam klasifikasi sebagai berikut

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Gentianaceae
Famili	: Rubiaceae
Genus	: Coffea
Spesies	: <i>Coffea arabica</i> .

Produksi kopi di Indonesia mencapai 753.900 ton dengan luas perkebunan 1.242.800 Ha pada tahun 2020. Dalam 1 hektar kopi memproduksi limbah segar sebanyak 1,8 ton, maka semakin tinggi jumlah produksi kopi, semakin tinggi pula limbah kopi yang dihasilkan. Akan tetapi limbah tersebut masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Limbah kopi terdiri dari limbah kulit, dan limbah pulp. Limbah cair kulit dihasilkan pada saat pencucian biji kopi dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan asam asetat dan dapat menghasilkan mutu asam asetat yang baik (Fitri, 2017). Salah satu limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah kulit kopi. Padahal kulit kopi memiliki nilai kalor yang tinggi, kadar air yang rendah dan kandungan sulfur yang cukup rendah (Affandi *et al.*, 2018). Selama ini limbah kulit kopi hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, pupuk tanaman dan biogas. Dengan kandungan yang terdapat pada kulit kopi, maka perlu dilakukan pemanfaatan limbah kulit kopi sebagai briket. Kulit kopi dapat

dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu 4.346,16 kal/g. Namun ketika dijadikan briket bioarang dan diberi tambahan bahan lain dapat meningkatkan nilai kalornya sebesar 5416,28 kal/g (Sudarsono *et al.*, 2010).

2.4 Serbuk Gergaji Kayu Jati

Kayu jati banyak digunakan untuk industri-industri, penggergajian, dan kayu lapis, sehingga kebutuhan kayu jati setiap tahun terus meningkat dan menimbulkan masalah yaitu pengolahan limbah jati yang belum terolah secara maksimal. Limbah serbuk gergaji umumnya digunakan sebagai bahan bakar tungku atau dibakar begitu saja, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan (menambah emisi karbon di atmosfer). Serbuk gergaji kayu jati merupakan biomassa yang belum dimanfaatkan secara optimal dan memiliki nilai kalor yang tinggi. Dengan memanfaatkan serbuk gergaji kayu jati menjadi briket, maka akan meningkatkan nilai ekonomis dan mengurangi pencemaran lingkungan. Secara umum serbuk kayu memiliki komposisi kimia seperti tabel berikut (Fitri, 2017).

Tabel 2.2 Kandungan kimia pada serbuk kayu

Komposisi	Kandungan (%)
Sellulosa	40,99
Ligium	27,88
Pentosan	16,89
Abu	1,38
Air	5,64

Sumber : Fitri (2017)

Kayu jati terdiri dari selulosa 40-50%, hemiselulosa 20-30%, lignin 20-30% dan sejumlah kecil bahan anorganik. Penggunaan limbah serbuk gergaji kayu sebagai biobriket atau briket arang akan menghasilkan nilai kalor cukup besar yaitu 5786,37 kal/g (Yudanto *et al.*, 2009). Dengan nilai kalor yang cukup tinggi tersebut, serbuk kayu jati berpotensi menjadi sumber karbon aktif.

2.5 Bahan Perekat

Bahan perekat digunakan untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada pembuatan briket sehingga menghasilkan briket yang kompak (Thoha *et al.*, 2010). Perekat adalah suatu bahan yang ditambahkan pada komposisi briket untuk memperoleh sifat-sifat tertentu seperti kekentalan (viskositas), ketahanan (stabilitas) dan lainnya (Kalsum, 2016). Menurut Thoha *et al.*, (2010) Pemilihan bahan perekat dibagai berdasarkan sifat dan jenisnya yaitu:

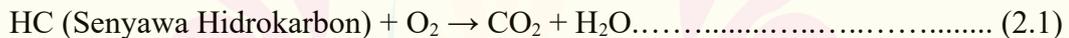
1. Berdasarkan sifat /bahan baku perekatan briket:
 - Memiliki gaya kohesi yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batu bara.
 - Mudah terbakar dan tidak berasap.
 - Mudah didapat dalam jumlah banyak dan harganya terjangkau.
 - Tidak berbau, tidak beracun dan tidak berbahaya.
2. Berdasarkan jenis:
 - Perekat anorganik, perekat jenis ini dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Namun, memiliki kelemahan yaitu adanya tambahan abu yang berasal dari bahan perekat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contohnya yaitu semen, lempung dan natrium silikat.
 - Perekat organik, perekat jenis ini menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Contohnya yaitu kanji, tar, aspal, amilum dan lainnya.

Penggunaan tapioka sebagai bahan perekat disebabkan karena bahan mudah didapatkan dalam jumlah yang banyak dan harganya terjangkau. Perekat tapioka dalam bentuk cair menghasilkan nilai rendah dalam hal kerapatan, keteguhan tekan, kadar abu, dan zat mudah menguap, namun menghasilkan nilai yang lebih tinggi dalam karbon terikat dan nilai kalor, serta asap yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan jenis perekat lainnya (Kalsum, 2016). Penambahan perekat menyebabkan nilai kalor biobriket menjadi semakin berkurang karena bahan perekat mempunyai sifat termoplastik serta sulit terbakar dan membawa banyak

air sehingga panas yang dihasilkan digunakan menguapkan air pada briket (Amin *et al.*, 2017).

2.6 Teori Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan oksidan, yang disertai dengan produksi panas dan cahaya dalam bentuk api. Kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh struktur bahan, kandungan karbon terikat dan tingkat kekerasan bahan (Jamilatun, 2008). Proses pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Proses pembakaran terbagi menjadi dua yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Proses pembakaran dapat dikatakan sempurna apabila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat (*stoichiometric*) sehingga tidak terdapat sisa dan hasil gas buangnya terdiri dari gas CO₂ dan H₂O (Wahjudi, 2017). Persamaan umum untuk reaksi pembakaran sempurna yaitu sebagai berikut :



Sedangkan pada pembakaran tidak sempurna, terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen seluruhnya tidak menjadi gas CO₂. Keberadaan CO pada hasil pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung tidak sempurna (Almu *et al.*, 2014).

Proses pembakaran bahan bakar padat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu pengeringan, devolatilisasi dan *char burning* (Saputro *et al.*, 2013).

1) Pengeringan

Partikel bahan bakar mengalami proses pemanasan yang menyebabkan temperatur meningkat dan menguapnya air yang berada pada permukaan bahan bakar, sedangkan kandungan air yang berada didalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar tersebut. Pada proses pengeringan akan mengalami penurunan massa, dimana laju perubahan energi didalam sistem sama dengan perubahan energy melalui panas akibat penguapan air dari dalam partikel bahan bakar.

2) Devolatilisasi

Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* merupakan hasil dari proses devolatilisasi yang terdiri dari gas-gas *combustible* dan *non combustible* serta hidrokarbon. Untuk partikel yang besar hasil devolatilisasi berpindah dari pusat partikel ke permukaan yang kemudian keluar dari pori-pori bahan bakar padat. Proses devolatilisasi dapat diartikan sebagai tahap pirolisis, karena ketika *volatile matter* keluar dari bahan padat oksigen dari luar tidak dapat masuk ke dalam. Proses ini ditandai dengan proses penurunan massa yang cepat.

3) Char burning

Setelah proses devolatilisasi selesai maka bahan yang tertinggal adalah arang dan abu. Arang mempunyai porositas tinggi sehingga udara bisa masuk ke dalam pori-pori tersebut. Laju pembakaran arang dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen, temperatur udara, *Reynold Number*, ukuran serta porositas arang. Proses ini terjadi dengan penurunan massa yang melambat dan diakhiri dengan perubahan massa yang tetap.

Proses pembakaran juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran partikel, kecepatan aliran udara, jenis bahan bakar dan temperatur udara pembakaran. Ukuran partikel dapat mempengaruhi proses pembakaran, karena semakin kecil ukuran partikel akan mengalami proses pembakaran yang relatif cepat. Serta, kenaikan kecepatan aliran udara dan temperatur udara pembakaran dapat meningkatkan laju pembakaran bahan bakar yang menyebabkan proses pembakaran berlangsung cepat (Almu *et al.*, 2014).

2.7 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan merupakan proses pirolisa dimana terjadi pembakaran tidak sempurna yang dilakukan dengan oksigen terbatas, yang menghasilkan arang serta menyebabkan penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk uap air, methanol, uap-uap asam asetat dan

hidrokarbon. Proses karbonisasi dilakukan dengan bahan-bahan dipanaskan dalam ruangan kedap udara sehingga terbentuk arang (Fachry *et al.*, 2010).

Lama pengarangan atau karbonisasi 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 (Widarti *et al.*, 2016). Proses karbonisasi terdiri dari 4 tahap yaitu sebagai berikut (Kalsum, 2016):

- 1) Pada suhu 100-120 °C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270 °C mulai terjadi penguraian selulosa. Destilat mengandung asam amino dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270 °C
- 2) Pada suhu 270-310 °C terjadi reaksi eksotermik dimana selulosa diurai secara intensif menjadi larutan piroglinat, gas kayu dan sedikit ter.
- 3) Pada suhu 310-500 °C lignin diurai dan menghasilkan lebih banyak ter sedangkan larutan piroglinat menurun. Gas CO₂ menurun sedangkan gas CH₄, CO, dan H₂ meningkat.
- 4) Pada suhu 500-1000 °C terjadi proses pemurnian arang atau peningkatan kadar karbon.

Karbonisasi adalah proses pelepasan karbon pada selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada biomassa untuk memperoleh nilai kalor yang tinggi sebagai bahan bakar. Semakin meningkatnya suhu karbonisasi menyebabkan kadar air, dan kadar *volatile matter* yang terkandung pada briket semakin kecil yang disebabkan karena kadar air pada bahan dan zat *volatile matter* akan lebih banyak menguap ketika suhu dinaikkan, sedangkan kadar abu yang terkandung akan semakin besar. Kadar karbon terikat yang dihasilkan dari pengurangan presentase 100% dengan penjumlahan kadar air, kadar abu dan *volatile matter* akan menentukan nilai kalor pada briket, karena semakin besar kandungan karbon terikatnya maka semakin besar nilai kalor yang dihasilkan (Handayani *et al.*, 2019).

Proses pembuatan arang atau karbonisasi diklasifikasikan menjadi 4 (empat) metode antara lain (Soolany *et al.*, 2017):

1. *Earthpitkiln*

Metode ini merupakan cara paling sederhana dalam pembuatan arang, dimana bahan baku arang diletakkan didalam tanah yang sudah digali sampai ketinggian rata dengan tanah kemudain ditutupi dengan daun sebagai pemicu nyala api. Setelah api menyala kemudian ditutup dengan tanah untuk mengurangi suplai oksigen yang masuk kedalam ruang karbonisasi.

2. *Brick kiln*

Metode *brick kiln* menggunakan ruang pembakaran yang terbuat dari tanah liat atau batu bata yang dibuat membentuk ruang pembakaran, kemudian bahan baku arang dimasukkan kedalam ruang dan dibakar. Metode *brick kiln* memiliki keuntungan panas pembakaran yang tinggi.

3. *Drumkiln*

Metode *drumkiln* menggunakan drum logam yang tahan panas untuk mengkarbonasikan arang. Metode ini yang banyak digunakan saat ini, karena biayanya yang relatif murah dan dapat dipindah-pindahkan.

4. *Drumkiln dengan reserve draught*

Metode ini hampir sama dengan metode *drumkiln* yaitu menggunakan silinder dari logam tahan panas hanya saja terdapat cerobong yang letaknya pada bagian bawah tabung. Adanya cerobong tersebut bertujuan untuk mengurangi besarnya draf yang diakibatkan oleh aliran udara dan gas sisa pembakaran.

2.8 Densifikasi

Proses densifikasi dilakukan dengan menambah tekanan pada permukaan briket untuk mendapatkan bentuk yang sesuai dengan permintaan serta untuk memperkuat ikatan briket. Prinsip densifikasi yaitu pemberian tekanan pada suatu bahan atau material untuk mengurangi kekosongan (*void*) internal dan antar partikel (Asri *et al.*, 2018). Densifikasi dilakukan bertujuan untuk meningkatkan densitas dan menyelesaikan masalah penanganan seperti penyimpanan dan pengangkutan. Keuntungan densifikasi yaitu menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, serta mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

Pengaruh variasi tekanan pada proses densifikasi yaitu semakin besar penambahan tekanan pembriketan akan menaikkan nilai kekuatan mekanik dan memperlambat waktu pembakaran, namun kenaikan itu akan mencapai titik maksimal pada tekanan 150 kg/cm². Semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin besar nilai kalor pada briket sehingga akan menghasilkan briket dengan kualitas dan karakteristik terbaik (Fauzie, 2019).

2.9 Karakteristik Briket Arang

2.9.1 Nilai Kalor

Kalor adalah energi yang dipindahkan melewati batas suatu sistem yang disebabkan oleh perbedaan temperatur antara suatu sistem dan lingkungannya. Nilai kalor pada bahan bakar diukur menggunakan alat bomb kalorimeter. Tinggi rendahnya nilai kalor pada bahan bakar dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu yang terkandung dalam briket tersebut. Semakin tinggi kadar air dan kadar abu pada suatu briket maka nilai kalor yang dihasilkan semakin kecil. Nilai kalor pada suatu bahan bakar merupakan jumlah panas yang dihasilkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gram air dari 3,5 °C – 4,5 °C pada satuan kalori (Fitri, 2017).

2.9.2 Laju Pembakaran

Laju pembakaran merupakan kemampuan suatu benda pada reaksi pembakaran sampai menjadi abu (Asri *et al.*, 2018). Tinggi rendahnya laju pembakaran dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen, temperatur, bilangan Reynolds, ukuran dan porositas arang. Pengukuran laju pembakaran dilakukan dengan menimbang sampel sebelum dibakar. Briket yang telah ditimbang dibakar langsung menggunakan tungku serta mencatat waktu pembakaran saat bara menyala hingga padam atau habis.

2.9.3 Suhu Pembakaran

Tinggi rendahnya suhu pembakaran pada briket dipengaruhi oleh tekanan pengepresan dan rasio perbandingan perekat dengan bahan utamanya. Hal tersebut terjadi karena masing-masing variasi tekanan dan variasi perekat memiliki tingkat

kadar air yang berbeda beda sehingga akan berpengaruh pada temperatur nyala api. Perbedaan suhu maksimal yang bisa dicapai disebabkan karena perbedaan kandungan nilai kalor pada suatu bahan bakar, semakin tinggi kalor pada suatu bahan bakar maka semakin tinggi dan baik pula suhu nyala api yang dihasilkan (Huda *et al.*, 2018).

2.9.4 Kadar Air

Kadar air pada bahan bakar padat merupakan air yang terkandung dalam produk. Kadar air merupakan perbandingan berat air yang terkandung dengan berat kering bahan bakar padat tersebut. Tinggi atau rendahnya kadar air yang terkandung pada briket berpengaruh terhadap nilai kalornya. Semakin tinggi kadar air yang terdapat pada briket maka nilai kalornya semakin kecil, begitu sebaliknya. Penentuan kadar air dilakukan dengan cara menguapkan air yang terdapat pada bahan bakar padat dengan oven dengan suhu 100°C – 105°C dalam jangka waktu 3 – 24 jam hingga berat bahan tidak berubah lagi (Fitri, 2017).

2.9.5 Kadar Abu

Kadar abu merupakan zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan bakar padat. Abu briket berasal dari pasir dan bermacam-macam zat mineral lainnya. Kadar abu pada suatu bahan bakar padat dapat mempengaruhi nilai kalor bahan tersebut. Briket dengan kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor serta dapat membentuk kerak. Penentuan kadar abu dilakukan dengan pembakaran dalam tanur (*furnace*) dengan suhu 600 °C selama 3-8 jam hingga seluruh unsur pembentuk senyawa organik habis terbakar. Sisa dari pembakaran tersebut adalah abu yang merupakan kumpulan mineral-mineral yang terdapat pada bahan (Fitri, 2017).

BAB. 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April – Juli 2022 di Laboratorium Instrumentasi dan Laboratorium Engineering Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat pembuatan biobriket arang

No.	Alat	Fungsi
1.	1 set alat briket	Digunakan sebagai alat pengempa
2.	Lumpang dan alu	Digunakan untuk pengecilang arang
3.	Timbangan analitik	Digunakan untuk menimbang bahan
4.	Ayakan 60 mesh	Digunakan untuk menyaring bahan berdasarkan ukuran
5.	Drum	Digunakan sebagai tempat karbonisasi kulit kopi dan serbuk kayu
6.	Tungku briket	Digunakan sebagai tempat pembakaran briket
7.	Thermocouple	Digunakan untuk mengukur suhu
8.	Stopwatch	Mengukur waktu
9.	Oven listrik	Digunakan sebagai tempat pengeringan briket
10.	Desikator	Digunakan untuk mendinginkan briket dari proses pengovenan
11.	Kompur briket	Melakukan pembakaran sampel briket arang

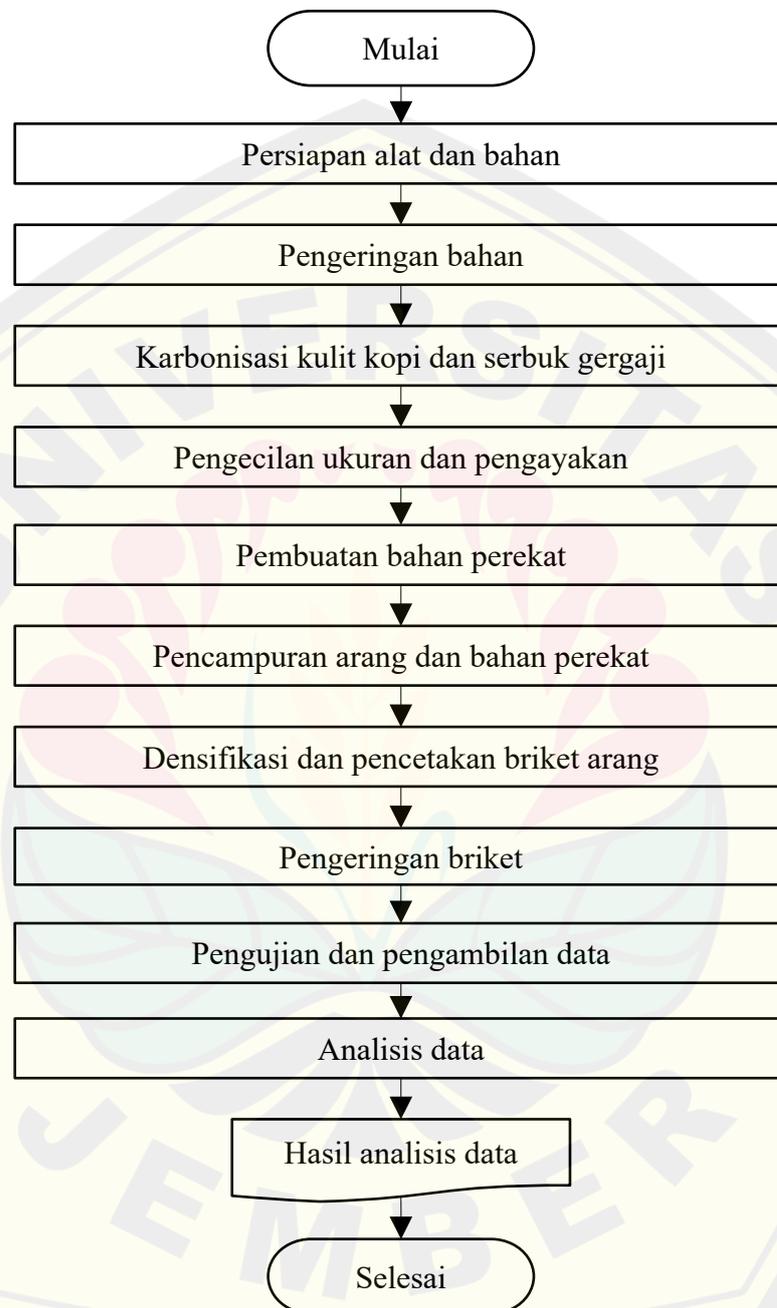
Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bahan pembuatan biobriket arang

No	Bahan	Fungsi
1.	Kulit kopi	Bahan baku pembuatan briket
2.	Serbuk gergaji kayu jati	Bahan baku pembuatan briket
2.	Perekat tepung tapioka	Merekatkan partikel arang
3.	Air	Melarutkan perekat

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan dan prosedur pelaksanaan yang disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan briket arang

Tahapan proses yang dilakukan pada penelitian briket arang kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilakukan untuk mempersiapkan peralatan yang digunakan selama proses pembuatan briket. Proses penyiapan alat adalah merancang dan memodifikasi drum karbonisasi serta menyiapkan alat pengempa briket.

Bahan yang perlu disiapkan dalam pembuatan briket pada penelitian ini yaitu limbah kulit kopi arabika dari rumah kopi banjarsengon, serta limbah serbuk gergaji kayu jati yang diperoleh dari UD. Widjaya Mebel.

3.3.2 Pengeringan Bahan

Proses pengeringan kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dilakukan menggunakan bantuan sinar matahari selama 7 jam/hari selama 3 – 4 hari dengan tujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada bahan.

3.3.3 Karbonisasi

Proses karbonisasi pada bahan baku dilakukan menggunakan metode *drum kiln*. Metode *drum kiln* menggunakan drum bekas yang telah dimodifikasi dengan tinggi 74 cm dengan diameter 23,5 cm. Drum bekas tersebut ditambahkan cerobong asap yang terbuat dari pipa besi dengan tinggi 80 cm dari dasar dengan diameter 12 cm serta terdapat lubang masuknya udara yang berada pada bagian dasar drum berdiameter 1 cm. Lubang masuknya udara dibuat merata pada bagian dasar drum sebanyak 20 lubang. Pipa pemanas yang terbuat dari pipa besi berbentuk segi empat juga ditambahkan pada bagian drum dengan dimensi 3 cm x 3 cm dengan tinggi 50 cm.

Proses ini diawali dengan memasukkan bahan baku ke dalam ruang pembakaran hingga terisi penuh. Pembakaran dilakukan menggunakan kayu bakar sebanyak 10 kg yang diletakkan pada tungku yang berada dibawah drum. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan suhu 450 °C selama 2 jam. Setelah proses pembakaran selesai kemudian dilakukan proses pendinginan pada drum selama 2

jam. Setelah proses pendinginan kemudian drum dibuka untuk mengeluarkan bahan baku yang telah menjadi arang untuk dipisahkan dengan bahan yang menjadi abu.

3.3.4 Pengecilan dan Pengayakan Arang

Kulit kopi dan serbuk gergaji yang telah melewati proses karbonisasi kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan alat lumpang dan alu. Bahan baku dimasukkan kedalam lumpang yang kemudian ditumbuk menggunakan alu hingga menjadi halus. Dari hasil pengecilan ukuran kemudian didapatkan arang yang halus dengan ukuran yang relatif kecil. Hal tersebut bertujuan agar bahan baku mudah diayak dan dicampurkan.

Selanjutnya dilakukan pengayakan menggunakan ayakan dengan ukuran 60 mesh. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran arang yang seragam sehingga memudahkan proses pencampuran dan pencetakan briket.

3.3.5 Pembuatan Bahan Perekat

Bahan perekat digunakan untuk merekatkan bahan baku pada pembuatan briket sehingga menghasilkan briket yang kompak. Bahan perekat yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung tapioka. Pembuatan bahan perekat dilakukan dengan mencampurkan tepung tapioka dan air dengan rasio 1:5 yang kemudian diaduk dan dipanaskan hingga tercampur dengan baik. Bahan perekat yang sudah dipanaskan dan diaduk akan menjadi kental, lengket dan berwarna bening.

3.3.6 Pencampuran Arang dan Bahan Perekat

Proses pencampuran dilakukan dengan mencampurkan antara arang kulit kopi, arang serbuk gergaji kayu jati dan perekat tapioka. Pencampuran bahan dilakukan sesuai berat komposisi yang ditetapkan yaitu 50 gram dengan dosis perekat sebesar 10% dari total berat komposisi yaitu 5 gram. Variasi pencampuran kulit kopi dengan serbuk gergaji yaitu (10:90, 30:70, 50:50, 70:30, 90:10). Tabel variasi pencampuran bahan baku kulit kopi dan serbuk gergaji dengan tepung tapioka disajikan pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.3 Perbandingan bahan baku kulit kopi dan serbuk gergaji

Perlakuan	Perbandingan komposisi bahan baku	
	Kulit kopi (gram)	Serbuk gergaji (gram)
P1 (10:90)	4,5	40,5
P2(30:70)	13,5	31,5
P3 (50:50)	22,5	22,5
P4 (70:30)	31,5	13,5
P5 (90:10)	40,5	4,5

Pencampuran baku dengan bahan perekat pada masing masing dosis dilakukan pada wadah yang kemudian diaduk hingga bahan tercampur merata. Hal tersebut bertujuan agar partikel-partikel biobriket dapat menyatu sehingga menghasilkan briket yang kompak.

3.3.7 Densifikasi dan Pencetakan briket arang

Proses densifikasi dan pencetakan briket dilakukan untuk mendapatkan sebuah briket yang berbentuk blok agar briket mudah digunakan dan dikemas. Campuran antara arang dan perekat dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder dan ditekan menggunakan pompa hidrolik. Proses densifikasi atau penekanan dilakukan dengan beban 150 kg/cm². Semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin besar nilai kalor pada briket sehingga akan menghasilkan briket dengan kualitas dan karakteristik terbaik (Fauzie, 2019).

3.3.8 Pengeringan briket arang

Pengeringan briket dilakukan menggunakan oven listrik dengan menggunakan suhu 60 °C selama 24 jam. Penggunaan suhu sebesar 60 °C merupakan suhu yang cukup ideal untuk proses pengeringan briket karena tidak terlalu tinggi. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keretakan pada briket (Santosa *et al.*, 2010). Proses pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada briket dan agar terhindar dari tumbuhnya jamur.

3.3.9 Pengujian dan Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk memperoleh data nilai kalor, kadar air, kadar abu, laju pembakaran dan suhu pembakaran yang dilakukan dengan 3 kali pengulangan.

1. Pengukuran nilai kalor

Pengukuran nilai kalor dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah panas yang dihasilkan briket ketika mengalami proses pembakaran. Pengukuran nilai kalor dilakukan menggunakan alat bomb calorimeter. Pengambilan data nilai kalor menggunakan alat *bomb calorimeter* dengan cara sebagai berikut.

- a) Menimbang sampel sebanyak 1 gram.
- b) Menyiapkan rangkaian *bomb calorimeter*.
- c) Menghubungkan dengan kawat platina dan menyentuh dengan sampel
- d) Menyiapkan air sebanyak 1 ml dan dimasukkan kedalam bejana *bomb calorimeter*.
- e) Memasukkan rangkaian ke dalam bejana.
- f) Mengisi dengan gas oksigen dengan tekanan maksimum 30 ATM dan ditutup rapat
- g) Mengisi ember *bomb calorimeter* dengan air sebanyak 2 liter dan masukkan kedalam jaket *bomb calorimeter*
- h) Memasukkan bejana ke dalam ember dan ditutup
- i) Menjalankan mesin selama 5 menit dan melihat suhu awal pada termometer
- j) Menekan tombol pembakaran dan dibiarkan selama 7 menit
- k) Melihat suhu akhir
- l) Matikan mesin

2. Pengukuran kadar air

Pengukuran nilai kadar air dilakukan dengan cara memasukkan cawan kedalam oven pada suhu 105 °C selama 30 menit kemudian dinginkan cawan didalam desikator selanjutnya menimbang cawan kosong (a), kemudian masukkan sampel kedalam cawan kosong sebanyak 5 gram (b). Sampel dimasukkan kedalam oven dan dipanaskan dengan suhu 105 °C selama 1 jam.

Keluarkan sampel dari oven kemudian dinginkan kedalam desikator. Selanjutnya timbang bobot sampel (c). Hitung nilai kadar air dengan persamaan:

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{((b)-(a)) - ((c)-(a))}{(c-a)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan: a = cawan (gram)

b = berat awal + cawan (gram)

c = berat akhir + cawan (gram)

3. Pengukuran kadar abu

Pengukuran kadar abu dilakukan dengan cara membakar langsung briket yang telah jadi. Kadar abu dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat sampel (g)}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

4. Pengukuran laju pembakaran

Pengukuran laju pembakaran dilakukan dengan menimbang sampel sebelum dibakar. Briket yang telah ditimbang dibakar langsung menggunakan tungku serta dicatat waktu pembakarannya saat bara menyala hingga padam. Kemudian perhitungan laju pembakaran dihitung dengan menimbang sampel setelah pembakaran selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan berikut:

$$\text{laju pembakaran (g/menit)} = \frac{\text{massa briket (g)}}{\text{waktu pembakaran (menit)}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

5. Pengukuran suhu pembakaran

Pengujian Pengukuran suhu pembakaran dilakukan menggunakan thermometer untuk mengukur suhu pembakaran pada briket dengan interval waktu 5 menit ketika bara menyala hingga padam.

3.3.10 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah *analysis of variance* (Anova) satu arah. Data yang diperoleh diolah menggunakan Microsoft Excel 2010. Variabel yang digunakan pada analisa ini adalah nilai kalor, kadar air, kadar abu, laju pembakaran dan suhu permbakaran yang dihasilkan dari berbagai variasi

komposisi dan pengulangan. Analisis data pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

1. Penentuan hipotesis

Hipotesis yang digunakan yaitu hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) dengan ketentuan sebagai berikut.

- a) P1 = komposisi briket, 10% arang kulit kopi : 90% arang serbuk gergaji
- b) P2 = komposisi briket, 30% arang kulit kopi : 70% arang serbuk gergaji
- c) P3 = komposisi briket, 50% arang kulit kopi : 50% arang serbuk gergaji
- d) P4 = komposisi briket, 70% arang kulit kopi : 30% arang serbuk gergaji
- e) P5 = komposisi briket, 90% arang kulit kopi : 10% arang serbuk gergaji

Uraian penentuan hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut.

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$, menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap karakteristik briket.
- 2) $H_1 : \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$, menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap karakteristik briket.

2. Penentuan taraf signifikansi

Taraf signifikansi yang digunakan sebagai analisis data adalah 0,05 ($\alpha = 5\%$)

3. Perhitungan derajat bebas

Derajat bebas yang dihitung untuk analisis data dibagi menjadi 3, antara lain:

1) Derajat bebas perlakuan

$$= a - 1$$

$$= 5 - 1$$

$$= 4$$

2) Derajat bebas galat

$$= N - a$$

$$= 15 - 5$$

$$= 10$$

3) Derajat bebas total = derajat bebas perlakuan + derajat bebas galat

$$= 4 + 10$$

$$= 14$$

4. Penentuan nilai F tabel

$$F_{\text{tabel}} = \alpha (db \text{ perlakuan}, db \text{ galat})$$

$$= 0,05 (4,10)$$

$$= 3,11$$

5. Penentuan nilai F hitung

Nilai F hitung diperoleh dari perbandingan antara nilai kuadrat rerata (*mean square*) yang dihasilkan dari pembagian antara jumlah kuadrat perlakuan (*sum of square*) dengan derajat bebas. Penentuan nilai F hitung dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$F_{\text{hitung}} = \frac{\text{kuadrat rerata antar grup}}{\text{kuadrat rerata dalam antar grup}} \dots \dots \dots (3.4)$$

6. Penentuan kriteria keputusan

Kriteria keputusan didasarkan dari perbandingan antara nilai F hitung dan F tabel terhadap hipotesis yang ditentukan.

$$F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}, \text{ maka } H_0 \text{ ditolak (} H_1 \text{ diterima)}$$

$$F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}, \text{ maka } H_0 \text{ diterima (} H_1 \text{ ditolak)}$$

7. Uji tukey

Uji tukey atau uji beda nyata jujur digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan setelah uji analisis ragam dilakukan. Uji lanjutan pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

1) Langkah Pengujian

- Mengurutkan rata-rata perlakuan
- Menentukan nilai Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*) dengan persamaan:

$$\omega = q_{\alpha}(p, v) \sqrt{\frac{KTG}{r}} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

p = Jumlah perlakuan

v = derajat bebas galat

r = banyaknya ulangan

α = taraf nyata

$q_{\alpha}(p, v)$ = nilai kritis diperoleh dari tabel wilayah nyata student

2) Kriteria pengujian:

Membandingkan nilai mutlak selisih kedua rata-rata yang akan dilihat perbedaannya dengan nilai HSD dengan kriteria pengujian sebagai berikut:

- Jika $|\mu_i - \mu_j| > \text{HSD}_{0,05}$ maka hasil uji menjadi nyata
- Jika $|\mu_i - \mu_j| \leq \text{HSD}_{0,05}$ maka hasil uji tidak nyata

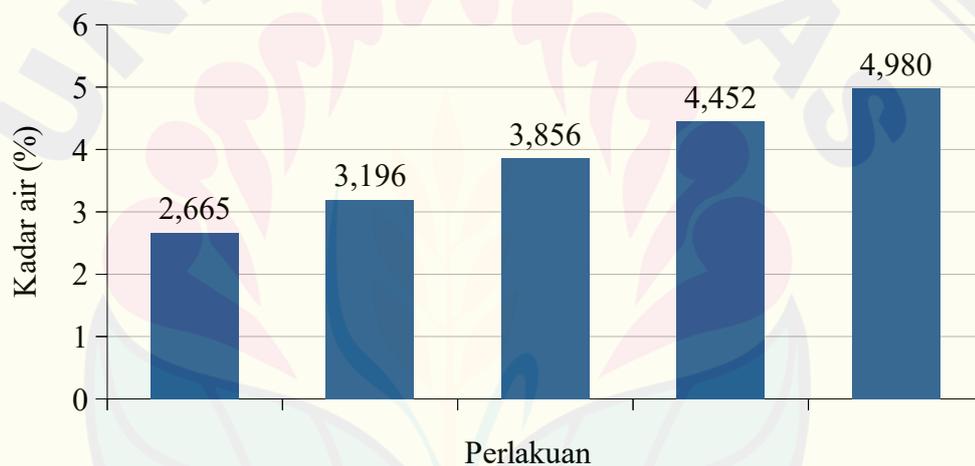
3.3.11 Penentuan Komposisi Terbaik

Komposisi terbaik dari briket kulit kopi dan serbuk gergaji dengan perekat tepung tapioka ditentukan dengan menggunakan metode skoring dengan kriteria briket dengan nilai kalor tertinggi, nilai kadar air terendah, nilai kadar abu terendah, laju pembakaran tercepat dan suhu pembakaran tertinggi. Penentuan komposisi terbaik juga ditentukan berdasarkan pemenuhannya terhadap beberapa variabel seperti:

1. Nilai kalor sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu ≥ 5000 kal/gram.
2. Kadar air sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu $\leq 8\%$.
3. Kadar abu sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu $\leq 8\%$.
4. Laju pembakaran yaitu nilai tertinggi.
5. Suhu pembakaran yaitu nilai tertinggi.

BAB. 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**4.1 Kadar Air**

Analisis kadar air pada briket arang dilakukan untuk mengetahui hasil briket yang baik dari beberapa perlakuan yang digunakan. Kadar air pada bahan bakar padat merupakan air yang terkandung dalam produk. Kadar air merupakan perbandingan berat air yang terkandung dengan berat kering bahan bakar padat tersebut. Dari hasil pengamatan kadar air juga dapat mengetahui mutu briket arang dengan kualitas yang baik sesuai dengan SNI mutu briket. Data hasil uji kadar air pada briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kadar air

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui bahwa pada setiap perlakuan menghasilkan nilai kadar air yang berbeda. Kadar air terendah dihasilkan oleh perlakuan P1 sebesar 2,665%, sedangkan kadar air tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P5 sebesar 4,980%. Berdasarkan nilai rata-rata kadar air briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji telah memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa standar mutu briket memiliki nilai rata-rata basis basah sebesar $\leq 8\%$.

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui bahwa nilai kadar air pada briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati menghasilkan nilai yang

bervariasi. Perbedaan kadar air pada masing-masing perlakuan disebabkan oleh perbedaan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati. Semakin besar komposisi kulit kopi pada briket, menghasilkan nilai kadar air yang semakin besar. Hal ini disebabkan karena perbedaan luas permukaan dari kulit kopi dan serbuk kayu jati, dimana kulit kopi mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada serbuk kayu. Semakin besar luas permukaan serbuk kulit kopi, maka semakin banyak pula pori-pori pada briket yang menyebabkan mudahnya briket mengikat air yang terdapat pada udara (Budiawan, 2014).

Kadar air briket arang juga berpengaruh terhadap nilai kalor briket arang. Semakin tinggi kadar air yang terdapat pada briket maka nilai kalornya semakin kecil. Begitu sebaliknya, semakin kecil kadar air yang terkandung pada briket arang maka nilai kalornya akan semakin besar (Fitri, 2017). Besarnya kadar air pada briket berpengaruh terhadap nilai kalornya, karena energi kalor yang seharusnya digunakan untuk mengikat energi digunakan untuk menguapkan air terlebih dahulu, sehingga menghambat proses penyalaan briket (Sulistyaningarti dan Utami, 2017).

Hasil analisis data nilai kadar air menggunakan uji anova satu arah disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Analisis kadar air menggunakan anova satu arah

Variabel Pengamatan	Sumber variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Kadar Air	Antar kelompok	10,412	4	2,603	80,536	3,478
	Galat	0,323	10	0,032		
	Total	10,736	14			

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa analisis kadar air menggunakan uji anova satu arah pada briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati memiliki perbedaan nyata. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} lebih besar dibanding F_{tabel} , sehingga kesimpulan yang diambil H_1 diterima. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap kadar air briket.

Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari pasangan perlakuan terhadap nilai kadar air disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji *Tukey* pasangan perlakuan terhadap kadar air

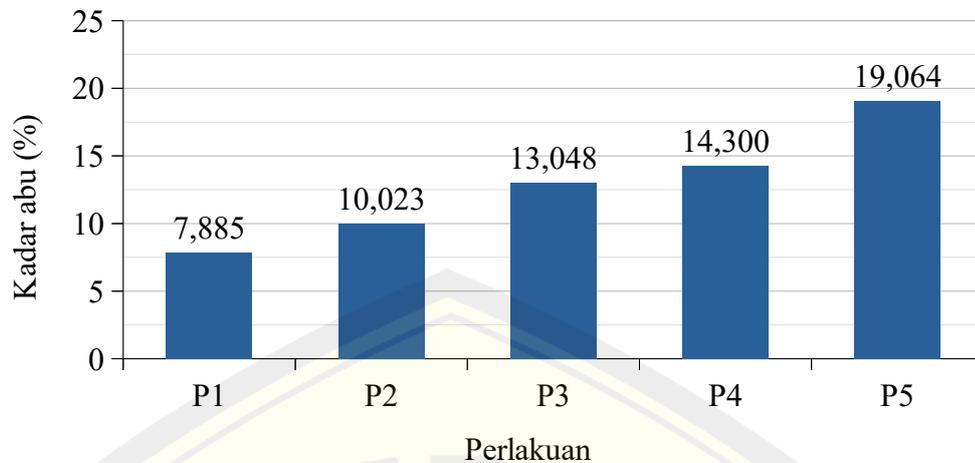
Uji	Komparasi	Beda absolut (nilai kontras)	HSD (Nilai Kritis)
Kadar air	P1 - P2	0,531*	0,449
	P1 - P3	1,192*	0,449
	P1 - P4	1,787*	0,449
	P1 - P5	2,316*	0,449
	P2 - P3	0,661*	0,449
	P2 - P4	1,256*	0,449
	P2 - P5	1,785*	0,449
	P3 - P4	0,595*	0,449
	P3 - P5	1,124*	0,449
	P4 - P5	0,529*	0,449

* = Berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa pengujian kadar air briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati berdasarkan pasangan perlakuan memiliki perbedaan nyata dikarenakan nilai beda absolut (nilai kontras) lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis (HSD). Maka, kesimpulan yang diambil adalah H_1 diterima, yang artinya perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati berpengaruh terhadap nilai kadar air briket.

4.2 Kadar abu

Analisis kadar abu pada briket arang dilakukan untuk mengetahui residu pada briket yang tersisa setelah proses pembakaran. Kadar abu pada suatu bahan bakar padat dapat mempengaruhi nilai kalor bahan tersebut (Fitri, 2017). Briket dengan kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor serta dapat membentuk kerak. Hasil pengujian kadar abu pada briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kadar abu

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa pada setiap perlakuan menghasilkan nilai kadar abu yang berbeda. Kadar abu terendah dihasilkan oleh briket arang pada perlakuan P1 sebesar 7,885%, sedangkan kadar abu tertinggi dihasilkan oleh briket arang pada perlakuan P5 sebesar 19,064%. Berdasarkan nilai rata-rata kadar abu briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji pada komposisi 10% kulit kopi : 90% serbuk gergaji (P1) telah memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa standar mutu briket memiliki nilai rata-rata basis bobot abu sebesar $\leq 8\%$. Sedangkan pada perlakuan lainnya tidak memenuhi standar mutu briket.

Selain itu, berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa perbedaan kadar abu pada masing-masing perlakuan disebabkan oleh perbedaan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati. Semakin besar komposisi serbuk gergaji pada briket, menghasilkan nilai kadar abu yang semakin kecil. Hal ini terjadi karena serbuk gergaji kayu jati memiliki kandungan selulosa. Semakin besar kandungan selulosa maka kadar karbon terikat semakin besar, sehingga kadar abu yang dihasilkan semakin sedikit dan hal tersebut mengakibatkan semakin tinggi nilai kalornya (Bimantara dan Hidayah, 2019).

Hasil analisis data nilai kadar abu menggunakan uji anova satu arah disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Analisis kadar abu menggunakan anova satu arah

Variabel Pengamatan	Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Kadar Abu	Antar kelompok	220,184	4	55,046	219,289	3,478
	Galat	2,510	10	0,251		
	Total	222,694	14			

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa analisis kadar abu menggunakan uji anova satu arah didapatkan hasil perbedaan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati memiliki pengaruh terhadap nilai kadar abu. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} lebih besar dibanding F_{tabel} . Keputusan yang diambil adalah H_1 diterima, yang artinya adanya pengaruh yang signifikan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap kadar abu briket.

Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari pasangan perlakuan terhadap nilai kadar abu disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil uji *Tukey* pasangan perlakuan terhadap kadar abu

Uji	Komparasi	Beda absolut (nilai kontras)	HSD (Nilai Kritis)
Kadar Abu	P1 - P2	2,138*	1,253
	P1 - P3	5,163*	1,253
	P1 - P4	6,415*	1,253
	P1 - P5	11,179*	1,253
	P2 - P3	3,025*	1,253
	P2 - P4	4,277*	1,253
	P2 - P5	9,041*	1,253
	P3 - P4	1,252	1,253
	P3 - P5	19,064*	1,253
	P4 - P5	4,764*	1,253

* = Berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa pengujian kadar abu briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati berdasarkan pasangan perlakuan memiliki perbedaan nyata, dikarenakan nilai beda absolut (nilai kontras) lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis (HSD). Maka, kesimpulan yang diambil

adalah perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati pada briket berpengaruh nyata terhadap nilai kadar abu briket.

4.3 Laju Pembakaran

Laju pembakaran merupakan berkurangnya massa bahan per satuan menit selama proses pembakaran berlangsung hingga menjadi abu. Analisis laju pembakaran pada briket arang dilakukan untuk mengetahui berkurangnya bobot pada briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dengan variasi komposisi bahan. Pengujian laju pembakaran dimaksudkan untuk mengetahui tingkat efisiensi bahan bakar briket mulai dari bara sampai menjadi abu. Laju pembakaran dapat dihitung dengan cara menimbang berat briket kering kemudian dibagi dengan waktu pembakaran. Waktu pembakaran dihitung dari awal pembakaran hingga briket menjadi abu. Kualitas briket yang baik dapat ditinjau dari nilai laju pembakaran tertinggi (Ristianingsih *et al.*, 2015). Hasil uji laju pembakaran pada briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian laju pembakaran

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa pada setiap perlakuan menghasilkan laju pembakaran yang berbeda. Laju pembakaran terendah dihasilkan briket arang pada perlakuan P5 sebesar 0,213 g/menit, sedangkan laju pembakaran tertinggi dihasilkan oleh briket pada perlakuan P1 sebesar 0,270 g/menit. Perbedaan nilai laju pembakaran pada masing-masing perlakuan disebabkan oleh perbedaan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati.

Semakin besar komposisi serbuk gergaji pada briket, menghasilkan nilai laju pembakaran yang semakin tinggi. Tinggi atau rendahnya laju pembakaran pada suatu briket dipengaruhi oleh nilai kalor dan kadar air yang terkandung. Semakin rendah kadar air pada briket maka nilai kalor dan laju pembakaran briket akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena pada saat pembakaran, panas yang dihasilkan digunakan untuk menguapkan air yang terdapat di dalam briket terlebih dahulu kemudian diikuti dengan pembakaran bahan (Maryono *et al.*, 2013).

Hasil analisis data laju pembakaran menggunakan uji anova satu arah disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Analisis laju pembakaran menggunakan anova satu arah

Variabel Pengamatan	Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F _{hitung}	F _{tabel}
Laju Pembakaran	Antar kelompok	0,006	4	0,002	40,746	3,478
	Galat	0,000	10	0,000		
	Total	0,007	14			

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa nilai F_{hitung} lebih besar dibanding F_{tabel} . Hal tersebut menunjukkan bahwa analisis laju pembakaran menggunakan uji anova satu arah pada briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati memiliki perbedaan nyata. Sehingga keputusan yang diambil yaitu H_1 diterima, hal ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap kadar air briket.

Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari pasangan perlakuan terhadap laju pembakaran disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil uji *Tukey* pasangan perlakuan terhadap laju pembakaran

Uji	Komparasi	Beda absolut (nilai kontras)	HSD (Nilai Kritis)
Laju Pembakaran	P1 - P2	0,024*	0,015
	P1 - P3	0,040*	0,015
	P1 - P4	0,050*	0,015
	P1 - P5	0,057*	0,015
	P2 - P3	0,016*	0,015
	P2 - P4	0,026*	0,015

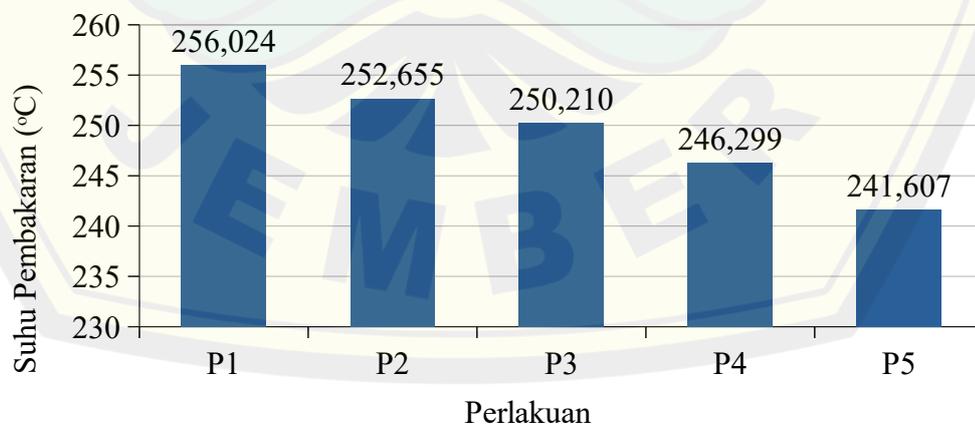
Uji	Komparasi	Beda absolut (nilai kontras)	HSD (Nilai Kritis)
	P2 - P5	0,034*	0,015
	P3 - P4	0,010	0,015
	P3 - P5	0,018*	0,015
	P4 - P5	0,008	0,015

* = Berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa uji *Tukey* pada laju pembakaran briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati berdasarkan pasangan perlakuan memiliki nilai beda absolut (nilai kontras) lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis (HSD) yang artinya berbeda nyata. Maka, kesimpulan yang diambil adalah perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati pada briket campuran berpengaruh nyata terhadap laju pembakaran briket.

4.4 Suhu Pembakaran

Analisis suhu pembakaran dilakukan untuk mengetahui suhu yang dihasilkan briket selama proses pembakaran hingga menjadi abu. Proses pengukuran suhu briket dilakukan dengan cara membakar briket arang dan suhu yang dihasilkan diukur menggunakan *thermocouple* sampai briket arang habis terbakar. Pengukuran suhu pembakaran di catat dengan interval waktu 5 menit. Hasil uji suhu pembakaran pada briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa pada setiap perlakuan menghasilkan rata-rata suhu pembakaran yang berbeda. Rata-rata suhu pembakaran terendah dihasilkan oleh briket arang pada perlakuan P5 sebesar 241,607 °C, sedangkan rata-rata suhu tertinggi dihasilkan oleh briket arang pada perlakuan P1 sebesar 256,024 °C. Suhu pembakaran briket arang dipengaruhi oleh kandungan kadar air yang terdapat pada briket arang. Semakin tinggi kadar air yang terkandung pada briket arang menyebabkan panas yang dihasilkan selama pembakaran menjadi tidak optimal. Perbedaan suhu pembakaran pada briket arang dari campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati disebabkan oleh perbedaan komposisi briket. Semakin banyak komposisi kulit kopi pada briket menyebabkan rata-rata suhu pembakaran menjadi menurun. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar air yang terkandung pada briket arang kulit kopi. Suhu pembakaran pada briket arang akan menurun apabila nilai kadar air yang terkandung pada briket semakin tinggi (Maryono *et al.*, 2013).

Hasil analisis data suhu pembakaran menggunakan uji anova satu arah disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Analisis suhu pembakaran menggunakan anova satu arah

Variabel Pengamatan	Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F _{hitung}	F _{tabel}
Suhu Pembakaran	Antar kelompok	376,402	4	94,100	30,442	3,478
	Galat	30,912	10	3,091		
	Total	407,313	14			

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa analisis suhu pembakaran menggunakan uji anova satu arah menyatakan adanya perbedaan nyata. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} lebih besar dibanding F_{tabel} . Maka dapat disimpulkan bahwa H_1 diterima, hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terhadap kadar air briket. Dikarenakan terdapat perbedaan nyata terhadap hasil uji anova satu arah, maka dilanjutkan dengan uji lanjutan berupa uji *Tukey*.

Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari pasangan perlakuan terhadap suhu pembakaran disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil uji *Tukey* pasangan perlakuan terhadap suhu pembakaran

Uji	Komparasi	Beda absolut (nilai kontras)	HSD (Nilai Kritis)
Suhu pembakaran	P1 - P2	3,369	4,395
	P1 - P3	5,814*	4,395
	P1 - P4	9,725*	4,395
	P1 - P5	14,417*	4,395
	P2 - P3	2,445	4,395
	P2 - P4	6,356*	4,395
	P2 - P5	11,048*	4,395
	P3 - P4	3,911	4,395
	P3 - P5	8,603*	4,395
	P4 - P5	4,692*	4,395

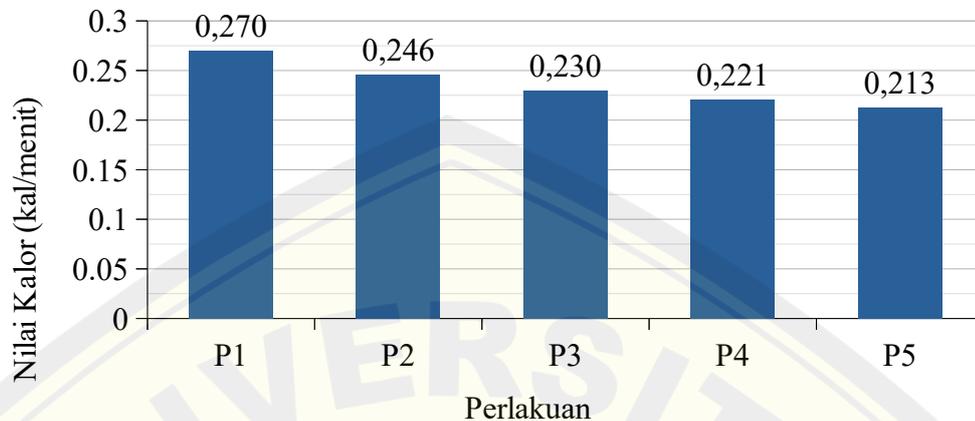
* = Berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui bahwa pengujian menggunakan uji *Tukey* pada suhu pembakaran briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati berdasarkan pasangan perlakuan memiliki perbedaan nyata, dikarenakan nilai beda absolut (nilai kontras) lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis (HSD). Hal tersebut menunjukkan perbedaan perbandingan komposisi kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati pada briket campuran berpengaruh nyata terhadap suhu pembakaran briket.

4.5 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi panas maksimal yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran persatuan massa bahan bakar. Analisa nilai kalor suatu bahan bakar ditujukan untuk memperoleh data energi kalor yang dapat dibebaskan oleh bahan bakar dengan terjadinya proses pembakaran (Almu *et al.*, 2014). Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat *bomb calorimeter*. Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting pada sebuah briket arang. Nilai kalor pada briket akan menentukan kelayakan suatu briket untuk dijadikan sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai

kalor yang dihasilkan maka semakin bagus pula kualitas briket tersebut. Hasil pengujian nilai kalor pada briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati terdapat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian nilai kalor

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji menghasilkan nilai kalor yang berbeda pada setiap perlakuan. Nilai kalor terendah dihasilkan oleh briket arang pada perlakuan P5 yaitu sebesar 5821 kal/gram, sedangkan nilai kalor tertinggi dihasilkan oleh briket arang pada perlakuan P1 sebesar 6767 kal/gram. Berdasarkan nilai kalor yang dihasilkan briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji telah memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa standar mutu briket memiliki nilai kalor sebesar ≥ 5000 kal/gram.

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa perbedaan komposisi pada briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati memberikan pengaruh terhadap nilai kalor. Semakin besar komposisi serbuk gergaji pada briket, menghasilkan nilai kalor yang semakin besar. Peningkatan nilai kalor pada briket yang dihasilkan menunjukkan bahwa arang serbuk gergaji memiliki nilai kalor yang tinggi dibandingkan kulit kopi. Hal ini sesuai dengan penelitian Fitri (2017) dengan menggunakan bahan baku serbuk gergaji dan kulit kopi dengan perekat getah pinus, dimana nilai kalor yang dihasilkan yaitu semakin menurun seiring dengan bertambahnya komposisi kulit kopi pada briket arang. Faktor yang mempengaruhi nilai kalor briket yaitu bahan baku, kadar air dan kadar abu briket

arang. Semakin tinggi kadar air dan kadar abu briket arang, maka akan menurunkan nilai kalor bakar briket arang yang dihasilkan (Fitri, 2017).

4.6 Penentuan Komposisi Terbaik Briket

Metode yang digunakan untuk menentukan komposisi terbaik pada briket campuran kulit kopi dan serbuk gergaji yaitu metode skoring. Kriteria pada metode ini yaitu kadar air terendah, kadar abu terendah, nilai kalor tertinggi, laju pembakaran tertinggi, dan suhu pembakaran tertinggi. Hasil penentuan komposisi briket dengan metode skoring disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.9 Hasil uji *scoring*

Parameter Uji	Satuan	Perlakuan				
		P1	P2	P3	P4	P5
Kadar Air	%	2,665 (5)	3,196 (4)	3,856 (3)	4,452 (2)	4,980 (1)
Kadar Abu	%	7,885 (5)	10,023 (4)	13,048 (3)	14,300 (2)	19,064 (1)
Nilai Kalor	kal/gram	6.767 (5)	6.392 (4)	6.240 (3)	5.872 (2)	5.821 (1)
Laju Pembakaran	gram/menit	0,270 (5)	0,247 (4)	0,230 (3)	0,221 (2)	0,213 (1)
Suhu Pembakaran	°C	256,024 (5)	252,655 (4)	250,210 (3)	246,299 (2)	241,607 (1)
Total		25	20	15	10	5

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa hasil penentuan komposisi terbaik briket menggunakan metode skoring yaitu pada P1 dengan komposisi kulit kopi dibanding dengan serbuk gergaji kayu jati yaitu 10% : 90%. Briket dengan perbandingan 10:90 menghasilkan nilai kadar air 2,665%, kadar abu 7,885%, nilai kalor 6.767 kal/gram, laju pembakaran 0,270 gram/menit, dan suhu pembakaran 256,024 °C. Pada komposisi 10:90 nilai kadar air, kadar abu dan nilai kalor sudah memenuhi standar kualitas briket menurut SNI 01-6235-2000, serta pada parameter laju pembakaran dan suhu pembakaran menghasilkan nilai tertinggi.

BAB. 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian variasi komposisi memberikan pengaruh terhadap karakteristik briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dengan perekat tepung tapioka. Briket pada perlakuan P1 dengan komposisi kulit kopi dibanding serbuk gergaji kayu jati yaitu 10:90 menghasilkan nilai kadar air terendah yaitu 2,665%, kadar abu terendah yaitu 7,885%, nilai kalor tertinggi sebesar 6.767 kal/gram, laju pembakaran tertinggi yaitu 0,270 gram/menit, dan suhu pembakaran tertinggi tertinggi 256,024 °C.
2. Komposisi terbaik dari briket arang campuran kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati dengan perekat tepung tapioka terdapat pada perlakuan P1 dengan perbandingan kulit kopi dan serbuk gergaji kayu jati yaitu 10:90. Hal ini dapat diketahui pada uji karakteristik kadar air dan kadar abu menghasilkan nilai terendah, serta pada karakteristik nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran menghasilkan nilai tertinggi. Perlakuan P1 pada karakteristik kadar air, kadar abu, dan nilai kalor sudah memenuhi standar kualitas briket menurut SNI 01-6235-2000.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini yaitu perlu adanya penelitian lanjutan dengan menambahkan beberapa variabel pengamatan untuk memperkuat hasil yang didapat. Selain itu briket dapat divariasikan dengan variasi ukuran partikel dari masing-masing arang untuk lebih mendapatkan kualitas arang yang lebih bagus sehingga dapat melengkapi informasi tentang kualitas briket secara lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, K. A., S. Suryaningsih, dan O. Nurhilal. 2018. Analisa ukuran butir briket campuran sekam padi dengan cangkang kopi terhadap laju pembakaran dan emisi karbon monoksida (co). *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*. 2(1):15–21.
- Almu, M. A. dan Y. A. Padang. 2014. Analisa nilai kalor dan laju pembakaran pada briket campuran biji nyamplung (*calophyllum inophyllum*) dan abu sekam padi. *Dinamika Teknik Mesin*. 4(2):117–122.
- Amin, A. Z., Pramono, dan Sunyoto. 2017. Pengaruh variasi jumlah perekat tepung tapioka terhadap karakteristik briket arang tempurung kelapa. *Saintekno : Jurnal Sains Dan Teknologi*. 15(2):111–118.
- Asri, S. dan R. T. Indrawati. 2018. Analisis pengaruh jenis bahan baku pembentuk terhadap karakteristik briket biomassa. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Informatika*. (2009):343–348.
- Bimantara, S. E. dan E. N. Hidayah. 2019. Pemanfaatan limbah lumpur ipal kawasan industri dan serbuk gergaji kayu menjadi briket. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*. 5(1):21–27.
- Budiawan, L. 2014. Pembuatan dan karakterisasi briket bioarang dari kulit kopi dan serbuk kayu dengan variasi komposisi kulit kopi. *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang*. 47.
- Budiawan, L., B. Susilo, dan Y. Hendrawan. 2014. Pembuatan dan karakterisasi briket bioarang dengan variasi komposisi kulit kopi. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropi*. Vol. 2, No. 2. 2014. Hal: 152-160. 2(2):152–160.
- Fachry, A. R., T. I. Sari, A. Y. Dipura, dan J. Najamudin. 2010. Mencari suhu optimal proses karbonisasi dan pengaruh campuran batubara terhadap kualitas briket eceng gondok. *Teknik Kimia*. 17(2):55–67.
- Fauzie, D. A. 2019. Pengaruh tekanan terhadap nilai kalor pada briket berbahan kulit kedelai. *Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*. 1–49.
- Fitri, N. 2017. Pembuatan briket dari campuran kulit kopi (*coffea arabica*) dan serbuk gergaji dengan menggunakan getah pinus (*pinus merkusii*) sebagai perekat. *Fakultas Sains Dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar, Makassar*. 1–78.
- Handayani, R. T. dan S. Suryaningsih. 2019. Pengaruh suhu karbonisasi dan variasi kecepatan. *Wahana Fisika*. 4(2):98–103.

- Huda, S., G. Rubiono, dan I. Qiram. 2018. Pengaruh variasi tekanan dan komposisi bahan terhadap pembakaran briket kulit kopi (*coffea canephora*) banyuwangi. *Jurnal V-Mac*. 3(2):28–31.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat penyalan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2(2):37–40.
- Kalsum, U. 2016. Pembuatan briket dari campuran limbah tongkol jagung, kulit durian dan serbuk gergaji menggunakan perekat tapioka. *Distilasi*. 1(1):42–50.
- Maryono, Sudding, dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan analisis mutu briket arang tempurung kelapa ditinjau dari kadar kanji. *Jurnal Chemica*. 14(1):74–83.
- Mulyadi, A., I. Dewi, dan P. Deoranto. 2013. Pemanfaatan kulit buah nipah untuk pembuatan briket bioarang sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 14(1):65–72.
- Parinduri, L. dan T. Parinduri. 2020. Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*. 5(2):88–92.
- Patabang, D. 2012. Karakteristik termal briket arang sekam padi dengan variasi bahan perekat. *Jurnal Mekanikal*. 3(2):286–292.
- Ristianingsih, Y., A. Ulfa, dan R. Syafitri K.S. 2015. Pengaruh suhu dan konsentrasi perekat terhadap karakteristik briket bioarang berbahan baku tandan kosong kelapa sawit dengan proses pirolisis. *Konversi*. 4(2):16.
- Saleh, A., L. Novianty, S. Murni, dan A. Nurrahma. 2017. Analisis kualitas briket serbuk gergaji kayu dengan penambahan tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif. *Al-Kimia*. 5(1):21–30.
- Santosa, R. Mislaini, dan P. Anugrah. 2010. Studi variasi komposisi bahan penyusun briket dari kotoran sapi dan limbah pertanian. *Jurnal Teknik Pertanian*. 1–26.
- Saputro, D. D., W. Widayat, H. Saptoadi, dan Fauzun. 2013. Karakteristik pembakaran briket limbah. *Saintekno*. 11(2000):113–122.
- Sobirin, A. A. 2015. Analisis karakteristik mekanik briket limbah serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi bahan perekat. *Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember*
- Soolany, C. dan D. O. P. Aji. 2017. Uji performansi tungku drum kiln untuk proses pembuatan arang dari kulit buah durian sebagai alternatif energi. *Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazzali*.

- Sudarsono, P. E. R. dan I. Warmadewanthi. 2010. Eco-briquette dari komposit kulit kopi, lumpur ipal pt. sier, dan sampah plastik ldpe. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI*. 1–9.
- Sulistyaningarti, L. dan B. Utami. 2017. Pembuatan briket arang dari limbah organik tongkol jagung dengan menggunakan variasi jenis dan persentase perekat. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*. 2(1):43.
- Thoha, M. Y. dan D. E. Fajrin. 2010. Pembuatan briket arang dari daun jati dengan sagu aren sebagai pengikat. *Jurnal Teknik Kimia*. 17(1):34–43.
- Wahjudi, S. 2017. Analisis pencampuran bahan bakar premium - pertamax terhadap kinerja mesin konvensional. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*. III(2):1–5.
- Widarti, B. N., P. Sihotang, dan E. Sarwono. 2016. Penggunaan tongkol jagung akan meningkatkan nilai kalor pada briket. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(1):16–21.
- Wijaya, P. dan A. Hermawan. 2012. An analysis of cassava skin processing as biobriket. *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor*. 2–49.
- Yudanto, A. dan K. Kusumaningrum. 2009. Pembuatan briket bioarang dari arang serbuk gergaji kayu jati. *Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang*. (024):1 of 5.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Penjemuran serbuk gergaji



Penjemuran kulit kopi



Proses Karbonisasi



Pengecekan suhu karbonisasi



Arang serbuk gergaji



Arang kulit kopi



Pengecilan ukuran arang



Pengayakan



Penimbangan bahan arang



Pembuatan bahan perekat



Pencampuran adonan briket



Pencetakan briket arang



Briket arang



Pengeringan briket arang



Pengovenan kadar air



Pendinginan kadar air



Penimbangan hasil kadar air



Pengukuran laju dan suhu pembakaran



Pengukuran nilai kalor

Lampiran 2. Data kadar air

Sampel	Ulangan	Berat Cawan (g)	Berat Sampel (g)	Berat Cawan + Sampel Setelah di Oven (g)	Berat Cawan+ Berat Sampel Awal	Kadar air (%)	Rata - Rata (%)
P1	1	3,74	5	8,62	8,74	2,40	2,66
	2	3,62	5	8,48	8,62	2,80	
	3	3,64	5,01	8,51	8,65	2,79	
P2	1	3,85	5,01	8,70	8,86	3,19	3,20
	2	3,56	5	8,41	8,56	3,00	
	3	3,66	5,01	8,50	8,67	3,39	
P3	1	3,17	5,02	8,00	8,19	3,78	3,86
	2	3,72	5,01	8,53	8,73	3,99	
	3	3,76	5,01	8,58	8,77	3,79	
P4	1	3,77	5	8,55	8,77	4,40	4,45
	2	3,62	5,02	8,41	8,64	4,58	
	3	3,69	5,03	8,50	8,72	4,37	
P5	1	3,52	5,02	8,29	8,54	4,98	4,98
	2	3,67	5,01	8,42	8,68	5,19	
	3	3,66	5,03	8,45	8,69	4,77	

Lampiran 3. Data kadar abu

Sampel	Ulangan	Massa Awal (g)	Abu Sisa Pembakaran (g)	Kadar abu (%)	Rata-Rata (%)	Max(%)	Min(%)
P1	1	49,57	3,88	7,83	7,89	8,13	7,70
	2	48,12	3,91	8,13			
	3	49,72	3,83	7,70			
P2	1	47,14	4,81	10,20	10,02	10,21	9,65
	2	47,23	4,56	9,65			
	3	49,85	5,09	10,21			
P3	1	48,25	6,62	13,72	13,05	13,72	12,45
	2	48,41	6,28	12,97			
	3	49,87	6,21	12,45			
P4	1	49,85	7,55	15,15	14,30	15,15	13,77
	2	50,04	6,89	13,77			
	3	48,76	6,82	13,99			
P5	1	49,87	9,68	19,41	19,06	19,41	18,64
	2	49,57	9,24	18,64			
	3	48,43	9,27	19,14			

Lampiran 4. Laju pembakaran

Sampel	Ulangan	Lama Pembakaran (menit)	Lama Pembakaran (s)	Massa Briket (g)	Laju Pembakara n (s)	Rata-rata
P1	1	181	10860	49,57	0,2739	0,2701
	2	186	11160	48,12	0,2587	
	3	179	10740	49,72	0,2778	
P2	1	196	11760	47,14	0,2405	0,2465
	2	191	11460	47,23	0,2473	
	3	198	11880	49,85	0,2518	
P3	1	207	12420	48,25	0,2331	0,2304
	2	211	12660	48,41	0,2294	
	3	218	13080	49,87	0,2288	
P4	1	227	13620	49,85	0,2196	0,2206
	2	224	13440	50,04	0,2234	
	3	223	13380	48,76	0,2187	
P5	1	227	13620	49,87	0,2197	0,2128
	2	233	13980	49,57	0,2127	
	3	235	14100	48,43	0,2061	

Lampiran 5. Data suhu pembakaran

P1

Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	37	35	38	36,67
5	134	155	135	141,33
10	199	211	202	204,00
15	227	219	214	220,00
20	233	227	220	226,67
25	240	248	257	248,33
30	266	263	272	267,00
35	282	288	289	286,33
40	291	297	299	295,67
45	301	300	306	302,33
50	315	316	322	317,67
55	320	329	339	329,33
60	337	333	323	331,00
65	323	317	315	318,33
70	311	305	317	311,00
75	308	313	301	307,33
80	309	300	294	301,00
85	315	297	309	307,00
90	303	305	311	306,33
95	299	307	302	302,67
100	317	312	305	311,33
105	323	299	292	304,67
110	307	289	294	296,67
115	311	304	315	310,00
120	307	305	311	307,67
125	299	291	301	297,00
130	284	288	279	283,67
135	279	276	288	281,00
140	257	243	272	257,33
145	266	258	250	258,00
150	257	284	234	258,33
155	235	277	207	239,67
160	217	265	199	227,00
165	177	233	154	188,00
170	149	212	88	149,67
175	99	136	39	91,33
180	38	86		62,00

185		32		32,00
Max	337,00	333,00	339,00	331,00
min	37,00	32,00	38,00	32,00
Rata-rata	256	257	255	250

P2

Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	39	33	37	36,33
5	132	115	148	131,67
10	193	188	201	194,00
15	222	234	220	225,33
20	243	245	274	254,00
25	253	257	288	266,00
30	241	266	292	266,33
35	283	284	299	288,67
40	296	297	309	300,67
45	301	319	311	310,33
50	317	327	331	325,00
55	333	337	339	336,33
60	315	326	333	324,67
65	299	313	327	313,00
70	309	311	312	310,67
75	323	307	309	313,00
80	318	304	313	311,67
85	311	314	317	314,00
90	307	303	314	308,00
95	300	299	307	302,00
100	293	297	298	296,00
105	284	281	277	280,67
110	291	275	295	287,00
115	255	271	271	265,67
120	259	262	265	262,00
125	262	270	245	259,00
130	257	266	259	260,67
135	263	263	250	258,67
140	256	269	244	256,33
145	277	259	251	262,33
150	271	247	244	254,00
155	279	269	233	260,33

160	269	235	223	242,33
165	257	244	256	252,33
170	233	237	273	247,67
175	212	211	254	225,67
180	201	145	233	193,00
185	176	89	209	158,00
190	97	37	156	96,67
195	40		90	65,00
200			42	42,00
Max	333,00	337,00	339,00	336,33
Min	39,00	33,00	37,00	36,33
Rata-Rata	252	251	255	248

P3

Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	31	35	33	33,00
5	100	119	112	110,33
10	174	192	199	188,33
15	235	223	221	226,33
20	243	238	255	245,33
25	259	259	243	253,67
30	266	263	260	263,00
35	273	274	264	270,33
40	285	289	279	284,33
45	279	282	284	281,67
50	289	291	288	289,33
55	295	302	295	297,33
60	307	309	308	308,00
65	299	302	298	299,67
70	302	295	304	300,33
75	294	312	311	305,67
80	315	310	309	311,33
85	327	318	312	319,00
90	317	322	315	318,00
95	308	314	301	307,67
100	311	307	293	303,67
105	313	301	300	304,67
110	299	293	305	299,00
115	301	299	299	299,67

120	297	300	293	296,67
125	277	291	282	283,33
130	290	288	271	283,00
135	287	275	266	276,00
140	270	280	268	272,67
145	264	277	273	271,33
150	259	283	279	273,67
155	255	271	277	267,67
160	267	264	287	272,67
165	257	253	282	264,00
170	264	249	271	261,33
175	255	233	267	251,67
180	243	212	255	236,67
185	223	176	223	207,33
190	189	177	207	191,00
195	156	156	183	165,00
200	81	115	176	124,00
205	37	92	134	87,67
210		35	89	62,00
215			35	35,00
Max	327,00	322,00	315,00	319,00
Min	31,00	35,00	33,00	33,00
Rata-Rata	252	248	250	246

P4

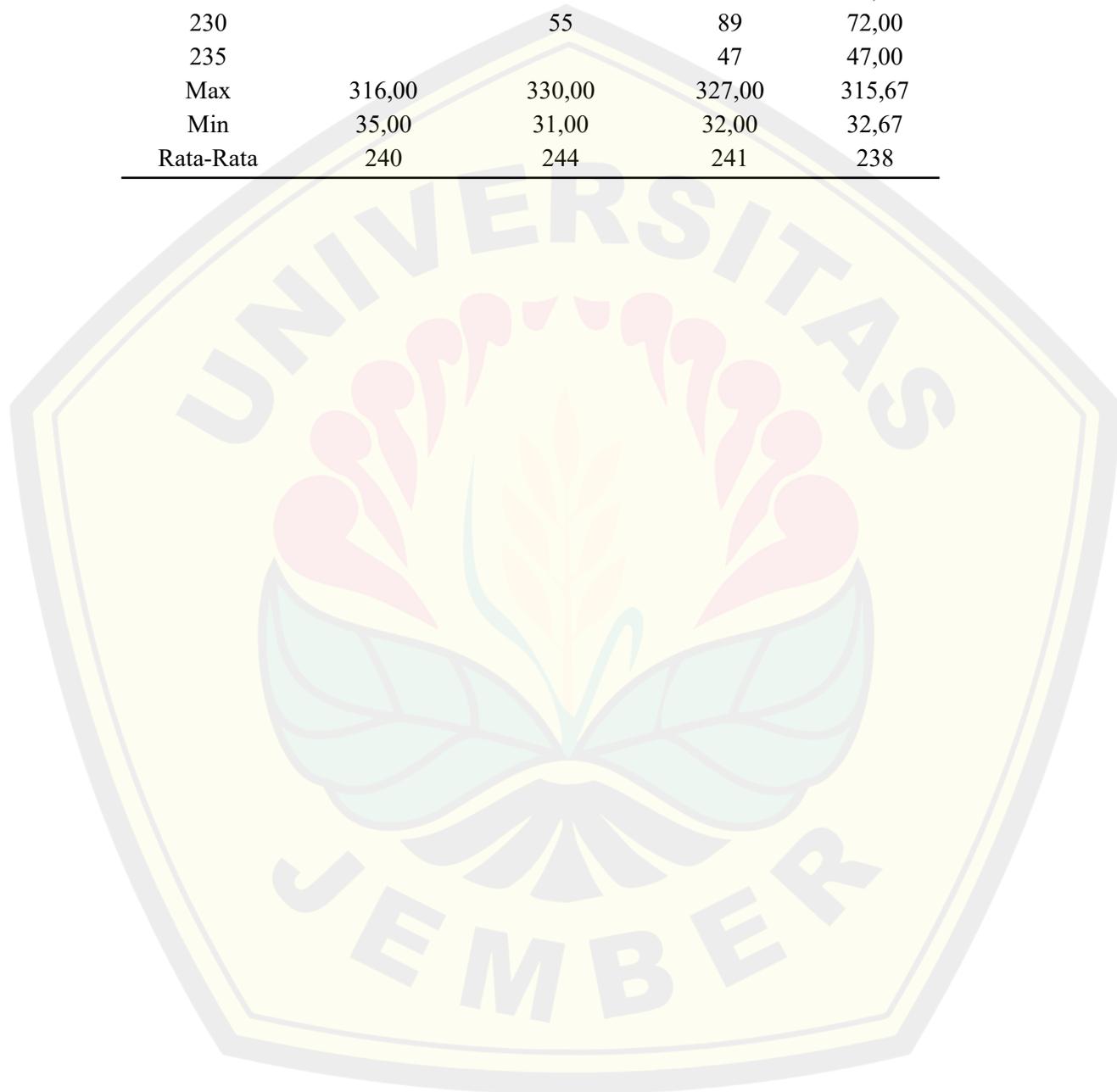
Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	30	29	30	29,67
5	106	102	112	106,67
10	196	199	201	198,67
15	242	222	235	233,00
20	251	259	244	251,33
25	269	266	247	260,67
30	285	270	259	271,33
35	277	273	271	273,67
40	289	281	277	282,33
45	285	284	280	283,00
50	291	293	295	293,00
55	295	311	286	297,33
60	304	326	309	313,00
65	299	307	304	303,33

70	289	299	301	296,33
75	291	312	305	302,67
80	301	317	302	306,67
85	309	309	299	305,67
90	318	320	308	315,33
95	312	315	305	310,67
100	308	308	297	304,33
105	299	302	301	300,67
110	306	299	299	301,33
115	311	290	287	296,00
120	304	296	295	298,33
125	294	289	289	290,67
130	285	285	287	285,67
135	274	290	280	281,33
140	261	288	277	275,33
145	257	279	259	265,00
150	252	284	256	264,00
155	249	269	260	259,33
160	254	264	266	261,33
165	242	259	259	253,33
170	239	248	253	246,67
175	244	226	240	236,67
180	249	219	228	232,00
185	237	207	217	220,33
190	223	193	209	208,33
195	211	174	199	194,67
200	198	165	163	175,33
205	188	153	155	165,33
210	174	125	136	145,00
215	127	89	97	104,33
220	90	35	40	55,00
225	33			33,00
Max	318,00	326,00	309,00	315,33
Min	30,00	29,00	30,00	29,67
Rata-Rata	247	247	245	243

P5

Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3	
0	35	31	32	32,67
5	191	182	184	185,67
10	225	239	204	222,67
15	283	292	285	286,67
20	295	288	287	290,00
25	299	297	293	296,33
30	312	308	296	305,33
35	303	301	299	301,00
40	299	304	301	301,33
45	304	305	306	305,00
50	305	299	307	303,67
55	301	302	311	304,67
60	308	306	314	309,33
65	297	305	316	306,00
70	309	299	320	309,33
75	312	308	327	315,67
80	310	299	304	304,33
85	296	303	299	299,33
90	302	300	312	304,67
95	298	313	300	303,67
100	289	321	305	305,00
105	293	330	313	312,00
110	297	325	298	306,67
115	305	314	294	304,33
120	316	307	300	307,67
125	299	296	291	295,33
130	276	283	287	282,00
135	255	270	264	263,00
140	261	254	261	258,67
145	255	238	243	245,33
150	231	229	257	239,00
155	224	235	239	232,67
160	213	227	221	220,33
165	202	224	218	214,67
170	196	213	212	207,00
175	195	209	209	204,33
180	193	204	205	200,67
185	181	197	187	188,33
190	156	186	180	174,00

195	142	183	176	167,00
200	129	177	163	156,33
205	137	149	157	147,67
210	124	130	142	132,00
215	117	133	155	135,00
220	95	112	134	113,67
225	55	99	123	92,33
230		55	89	72,00
235			47	47,00
Max	316,00	330,00	327,00	315,67
Min	35,00	31,00	32,00	32,67
Rata-Rata	240	244	241	238



Lampiran 6. Data nilai kalor

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id		FPO 5.10-1
	FORMULIR JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN		Tgl. Terbit / Revisi : 28 Juli 2022 Halaman : 1-1 File : Aldie Alfian A.

Nomor : 069/UN.32.3.7.3/LT/2022
 Nama pemilik : Aldie Alfian A.
 Alamat : Jl. Kalimantan 10 No. 66, Jember
 Jenis contoh : Padatan
 Kondisi khusus dari contoh : tidak ada pengambilan contoh
 Tanggal terima contoh uji : 25 Juli 2022
 Tanggal pengujian : 26 Juli 2022
 Metode Uji : Bomb Kalorimeter
 Hasil Pengujian : Nilai Kalor

No	Kode Sampel	Nilai Kalor (kal/gram)	Keterangan
1.	P1	6,767	
2.	P2	6,392	
3.	P3	6,240	
4.	P4	5,872	
5.	P5	5,821	

28 Juli 2022
 Kepala Laboratorium Kimia,

 Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si
 NIP 196705011996031002