



**ANALISIS PENGARUH PEMBERIAN VARIASI DOSIS PEREKAT
TEPUNG TAPIOKA DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG DARI
KULIT DURIAN (*Durio zibethinus Murray*)**

SKRIPSI

Oleh:
Damar Sastra Amukti
NIM 181710201055

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



**ANALISIS PENGARUH PEMBERIAN VARIASI DOSIS PEREKAT
TEPUNG TAPIOKA DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG DARI
KULIT DURIAN (*Durio zibethinus Murray*)**

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:

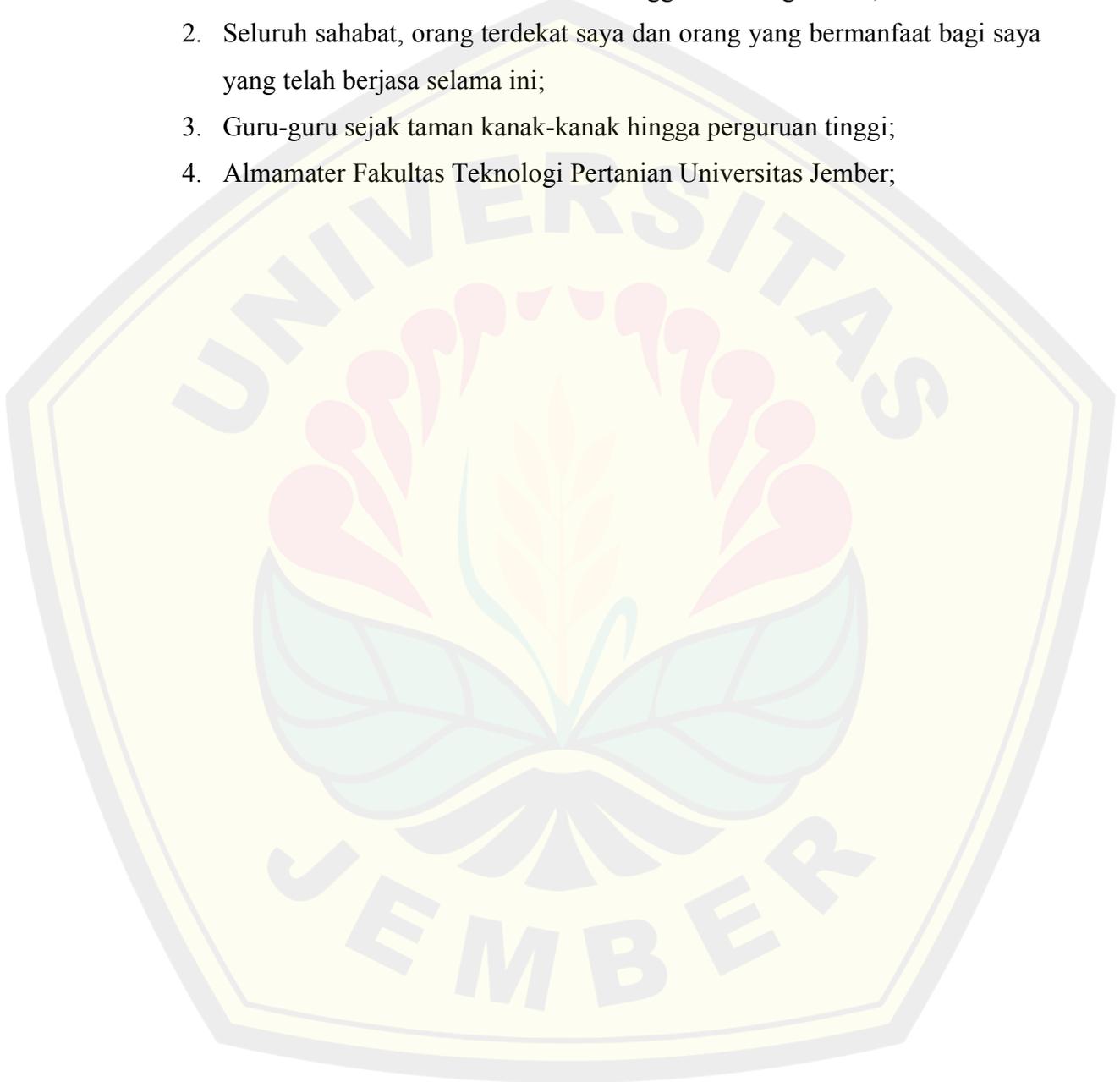
Damar Sastra Amukti
NIM 181710201055

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua tercinta Bapak Atim Subagyo dan Ibu Mutma'inah serta kakak tercinta Nenok Mitasari dan seluruh anggota keluarga besar;
2. Seluruh sahabat, orang terdekat saya dan orang yang bermanfaat bagi saya yang telah berjasa selama ini;
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;



MOTTO

“Apabila sesuatu yang kau senangi tidak terjadi, maka senangilah apa yang sedang terjadi.”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Tangga menuju langit adalah kepalamu, maka letakkan kakimu diatas kepalamu. Untuk mencapai Tuhan injak-injaklah pikiran dan kesombongan rasionalmu.”

(Sujiwo Tejo)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Damar Sastra Amukti

NIM : 181710201055

Menyatakan dengan bahwa dengan sesungguhnya karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Dosis Perekat Tepung Tapioka dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murray*)” 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, November 2022
Yang menyatakan



Damar Sastra Amukti
NIM 181710201055

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PEMBERIAN VARIASI DOSIS PEREKAT
TEPUNG TAPIOKA DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG DARI
KULIT DURIAN (*Durio zibethinus Murray*)**

Oleh:
Damar Sastra Amukti
NIM 181710201055

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Dosis Perekat Tepung Tapioka dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Durian (Durio zibethinus Murray)*” Telah di-uji dan dilaksanakan pada:

Hari, tanggal : Senin, 7 November 2022

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Skripsi,



Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si., IPM.

NIP. 197407071999031001

Tim Penguji:

Ketua

Anggota



Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D.

NIP. 198410082008121002



Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., IPM.

NIP. 197211301999032001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian,



Dr. Ir. Bambang Marluenanto, M. Eng., IPM.

NIP. 196312121990031002

RINGKASAN

Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Dosis Perekat Tepung Tapioka dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murray*);

Damar Sastra Amukti, 181710201055; 2022; halaman: 78; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan perkembangan yang terjadi di berbagai sektor. Pengembangan energi alternatif dilakukan sebagai pengganti ketergantungan pemanfaatan energi dari bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah biomassa. Biomassa merupakan sumber energi dapat diperbarui yang berasal dari bahan organik. Indonesia merupakan negara agraris yang banyak tanaman yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Selain itu, setiap kegiatan pertanian yang terjadi menghasilkan limbah yang juga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai potensi bahan biomassa. Salah satu pemanfaatan dari bahan biomassa tersebut adalah biobriket atau briket arang. Briket arang adalah briket yang dibuat dari bahan biomassa atau limbah biomassa. Salah satu potensi bahan baku briket arang dari bahan biomassa adalah limbah dari buah durian (*Durio zibethinus Murray*). Produksi durian di Indonesia pada tahun 2013 yang terbesar adalah provinsi Jawa Timur sebesar 158,344 ton. Buah durian yang dapat dimakan hanya sekitar 20-35 % pada bagian dagingnya, sisanya 60-75% berupa kulit, dan 5-15 % berupa biji. Bagian biji tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bibit tumbuhan yang baru. Namun bagian kulit durian hanya terbuang menjadi limbah. Penggunaan limbah kulit durian sebagai bahan bakar pada tungku masak hanya menghasilkan nilai kalor 3.786,95 kal/g. Namun jika dijadikan briket arang dapat memperbesar nilai kalornya yakni 5.152 kal/g dan dapat meningkatkan peluang usaha dan nilai ekonomis sekaligus mengurangi sumber pencemaran lingkungan.

Variabel perlakuan dalam pembuatan briket arang kulit durian yaitu variasi dosis perekat tepung tapioka. Perekat yang digunakan dalam pembuatan briket ini

terdapat pada 3 perlakuan yaitu A, B dan C. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini yakni tepung tapioka dengan tiga variasi dosis yaitu 3%, 5%, dan 7%. Pembuatan perekat tepung tapioka menggunakan campuran air dengan perbandingan 1 : 5. Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik Anova satu arah untuk mengetahui perbedaan nyata antara perlakuan penambahan perekat tepung tapioka dengan arang kulit durian dalam komposisi briket terhadap karakteristiknya (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran). Apabila terjadi perbedaan yang nyata terhadap hasil Uji Anova satu arah, dilanjutkan dengan uji lanjut statistik Uji Tukey untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata.

Dari hasil penelitian ini, kadar air terendah dari variabel pengamatan briket ini yaitu pada perlakuan A dengan kadar perekat 3% sebesar 1,53%, kadar abu terendah pada perlakuan A dengan kadar perekat 3% sebesar 9,18%, nilai kalor tertinggi terdapat pada perlakuan C dengan kadar perekat 7% sebesar 5515 kal/g, laju pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan C dengan kadar perekat 7% sebesar 0,26 g/menit, dan suhu pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan C dengan kadar perekat 7% sebesar 187,79 °C. Komposisi briket terbaik terdapat pada perlakuan C dengan kadar perekat 7%.

SUMMARY

The Effect Analysis of Adhesive Doses Variation of Tapioca Flour in Charcoal Briquettes Processing based on Durian Skin (*Durio zibethinus Murray*); Damar Sastra Amukti, 181710201055; 2022; pages: 78; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Energy needs are increasing along with developments in various sectors. The development of alternative energy is carried out as a substitute for dependence on the use of energy from fossil fuels. One alternative energy that can be developed is biomass. Biomass is a renewable energy source derived from organic materials. Indonesia is an agricultural country that has many plants that have the potential to be used as renewable energy. In addition, every agricultural activity that occurs produces waste which also has the potential to be utilized as potential biomass material. One of the uses of the biomass material is biobriquettes or charcoal briquettes. Charcoal briquettes are briquettes made from biomass materials or biomass waste. One of the potential raw materials for charcoal briquettes from biomass is waste from durian fruit (*Durio zibethinus Murray*). The largest durian production in Indonesia in 2013 was East Java province with 158,344 tons. The edible durian fruit is only about 20-35% in the flesh, the remaining 60-75% in the form of skin, and 5-15% in the form of seeds. The seeds can be used as new plant seeds. However, the durian skin is just wasted as waste. The use of durian peel waste as fuel in the cooking stove only produces a calorific value of 3,786.95 cal/g. However, if it is made into charcoal briquettes, it can increase the calorific value of 5,152 cal/g and will also increase business opportunities and economic value while reducing sources of environmental pollution.

The treatment variable in the manufacture of durian skin charcoal briquettes is the variation of the dose of tapioca flour adhesive. The adhesive used in the manufacture of these briquettes was found in 3 treatments, namely A, B and C.

The adhesive used in this study was tapioca flour with three dosage variations, namely 3%, 5%, and 7%. Making tapioca flour adhesive using a mixture of water with a ratio of 1: 5. Data analysis was performed using a one-way ANOVA statistical test to determine significant differences between the treatment of adding tapioca flour adhesive and durian shell charcoal in the composition of the briquettes on their characteristics (moisture content, ash content, calorific value, burning rate and combustion temperature). If there is a significant difference in the results of the one-way ANOVA test, it is followed by further statistical tests of the Tukey test to find out which treatment pairs are significantly different.

From the results of this study, the lowest water content of this briquette observation variable was in treatment A with 3% adhesive content of 1.53%, the lowest ash content in treatment A with 3% adhesive content was 9.18%, the highest calorific value was found in treatment C with 7% adhesive content of 5515 cal/g, the highest burning rate was found in treatment C with 7% adhesive content of 0.26 g/min, and the highest burning temperature was found in C treatment with 7% adhesive content of 187.79 °C. The best briquette composition was found in treatment C with 7% adhesive content.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Dosis Perekat Tepung Tapioka dalam Pembuatan Briket Arang dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murray*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta Bapak Atim Subagyo dan Ibunda Mutma'inah serta kakak tercinta Nenok Mitasari dan seluruh anggota keluarga besar yang selalu mendukung saya selama ini;
2. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., IPM., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian untuk membimbing penulis demi terselesaikannya skripsi ini;
3. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., IPM., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah membimbing penulis selama penyusunan naskah skripsi;
4. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., IPM., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan semangat selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Dr. Idah Andriyani, S.TP., M.T., IPM., selaku Koordinator Program Studi Teknik Pertanian;
6. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian;
7. Segenap dosen pengampu matakuliah yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama penulis menjadi mahasiswa;
8. Orang terdekat saya Anggraeni Wulandari yang telah menemani dan berjuang

bersama untuk menimba ilmu selama masa kuliah;

9. Rekan penelitian briket (Dika dan Aldie) yang telah meluangkan waktu untuk bertukar pikiran selama menjalani penelitian hingga tersusunnya naskah skripsi;
10. Teman-teman KWN 38 dan TEP C 2018 yang telah menemani saya menjalani suka duka masa perkuliahan;
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan membantu penulis selama di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak atas kekurangan baik secara teknis penulisan maupun pengetahuan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 7 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Biomassa	6
2.2 Briket Arang	7
2.3 Kulit Durian	8
2.4 Bahan Perekat.....	9
2.5 Teori Pembakaran.....	10
2.6 Karbonisasi	12
2.7 Densifikasi	14
2.8 Karakteristik Briket Arang.....	15
2.8.1 Kadar Air.....	15
2.8.2 Kadar Abu	15
2.8.3 Nilai Kalor.....	15
2.8.4 Laju Pembakaran.....	16
2.8.5 Suhu Pembakaran.....	16
2.9 Uji Scoring	17
2.10 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	8
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	8
3.3. Prosedur Penelitian	20
3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	21
3.1.2 Pengeringan	21
3.1.3 Karbonisasi	21

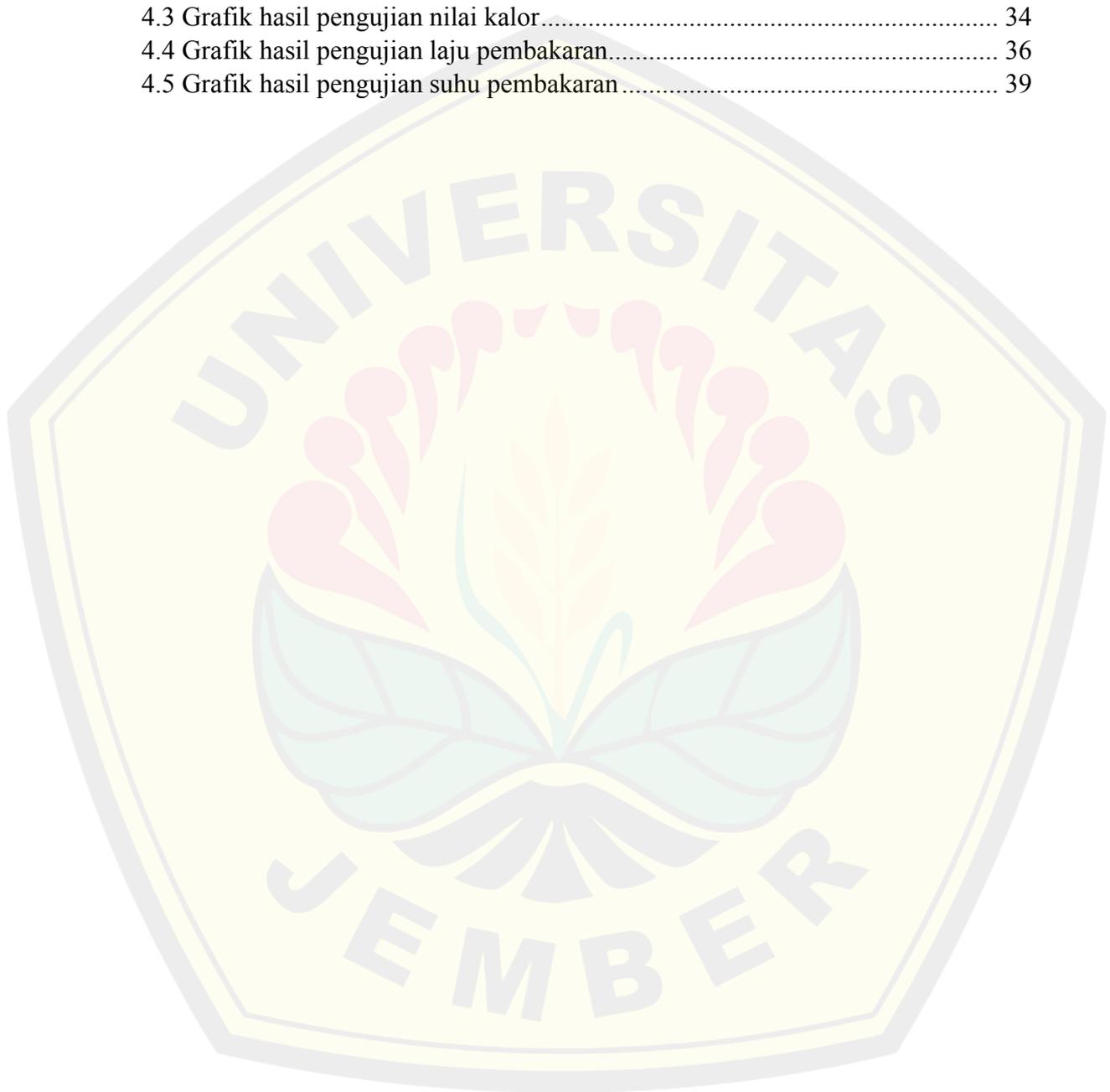
3.1.4	Pengecilan Ukuran.....	22
3.1.5	Pengayakan.....	22
3.1.6	Pengukuran Berat	22
3.1.7	Proses Pembuatan Perekat	23
3.1.8	Pencampuran Bahan Baku dengan Perekat	23
3.1.9	Pencetakkan dan Pengepresan	23
3.1.10	Pengovenan.....	24
3.1.11	Pengambilan Data.....	24
3.1.12	Analisis Data.....	25
3.1.13	Penentuan Komposisi Terbaik.....	27
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1	Analisis Kadar Air.....	28
4.2	Analisis Kadar Abu	30
4.3	Analisis Nilai Kalor	33
4.4	Analisis Laju Pembakaran	35
4.5	Analisis Suhu Pembakaran.....	38
4.6	Komposisi Briket Arang Terbaik.....	41
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA.....	45
	LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Standar mutu dan karakteristik briket (SNI 01-6235 (2000))	7
2.2 Kandungan kulit durian.....	9
3.1 Komposisi perbandingan bahan baku briket arang	23
4.1 Data hasil uji kadar air	28
4.2 Analisis kadar air menggunakan Uji Anova satu arah.....	30
4.3 Data hasil uji kadar abu.....	31
4.4 Analisis kadar abu menggunakan Uji Anova satu arah	32
4.5 Data hasil uji nilai kalor	33
4.6 Data hasil uji laju pembakaran	35
4.7 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah.....	36
4.8 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Tukey	37
4.9 Data hasil uji suhu pembakaran	38
4.10 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah.....	40
4.11 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Tukey.....	40
4.12 Hasil uji <i>scoring</i>	42

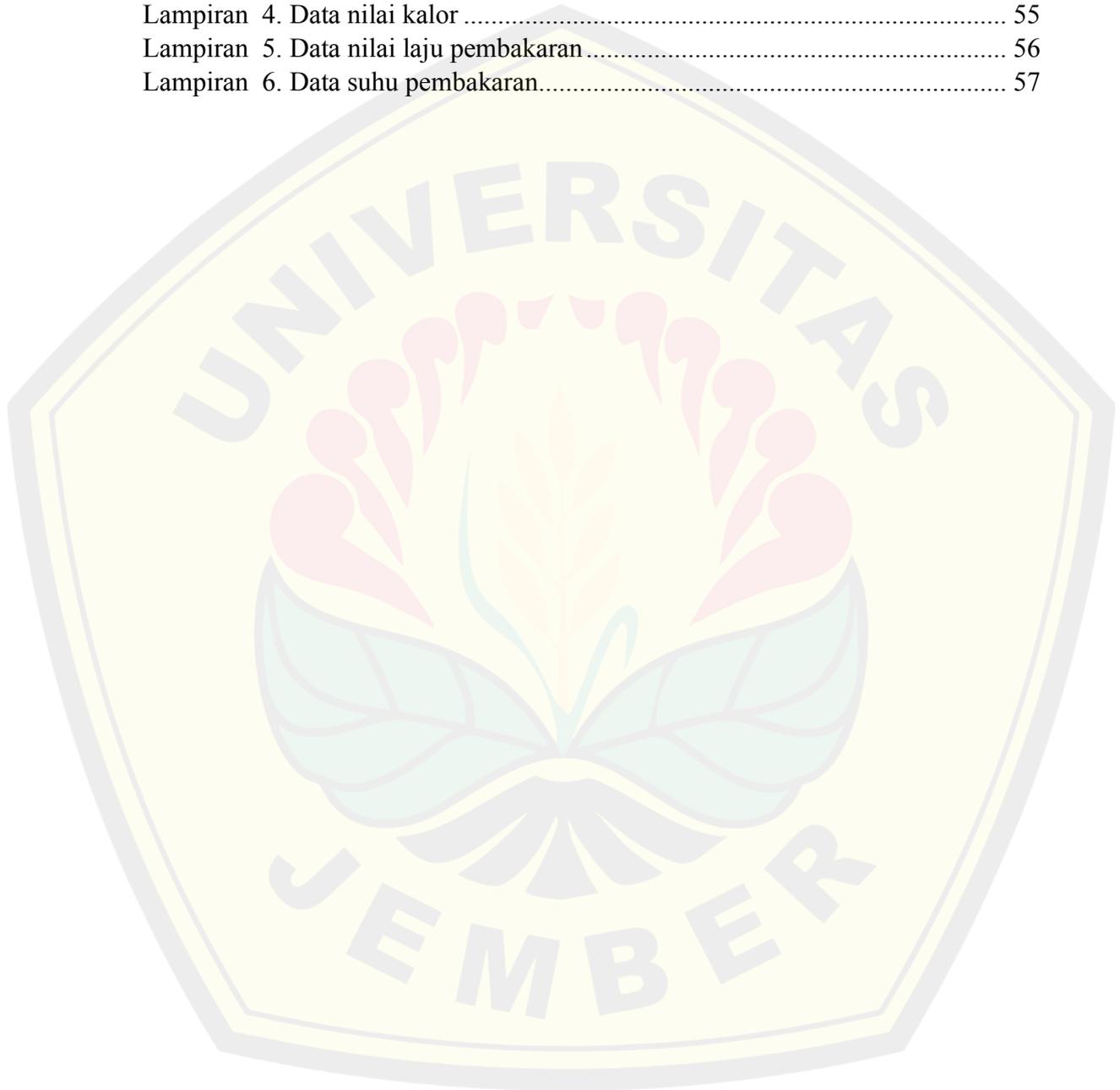
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Diagram alir proses pembuatan briket arang kulit durian.....	20
4.1 Grafik hasil pengujian kadar air.....	29
4.2 Grafik hasil pengujian kadar abu.....	32
4.3 Grafik hasil pengujian nilai kalor.....	34
4.4 Grafik hasil pengujian laju pembakaran.....	36
4.5 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran.....	39



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi penelitian	45
Lampiran 2. Data kadar air.....	53
Lampiran 3. Data kadar abu.....	54
Lampiran 4. Data nilai kalor	55
Lampiran 5. Data nilai laju pembakaran.....	56
Lampiran 6. Data suhu pembakaran.....	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan perkembangan yang terjadi di berbagai sektor. Pemenuhan kebutuhan energi saat ini masih didominasi dengan energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. Dampak yang terjadi jika penggunaannya secara terus menerus akan menyebabkan sumber ini habis. Pengembangan energi alternatif dilakukan sebagai pengganti ketergantungan pemanfaatan energi dari bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah biomassa. Kandungan energi yang ada dalam biomassa cukup tinggi, yaitu antara 4.000 – 5.000 kal/g. Oleh karena itu saat ini sumber energi alternatif dari biomassa sedang banyak diteliti dan dikembangkan karena sifatnya yang melimpah, mudah diperoleh, dapat diperbaharui secara cepat, dan kandungan energinya yang cukup tinggi (Wijaya, 2012).

Biomassa merupakan sumber energi dapat diperbarui yang berasal dari bahan organik. Biomassa dapat dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun limbah. Penggunaan biomassa sebenarnya dapat dilakukan secara langsung sebagai sumber energi panas untuk bahan bakar, tetapi kurang efisien karena densitasnya kecil (Nuriana *et al.*, 2013). Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki banyak tanaman yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Selain itu, setiap kegiatan pertanian yang terjadi menghasilkan limbah yang juga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai potensi bahan biomassa. Potensi biomassa mencapai 50.000 MW kapasitas terpasang hanya 320 MW atau sekitar 0,64% yang sudah dimanfaatkan (Pambudi *et al.* 2008, dalam Nuriana *et al.*, 2013).

Potensi pemanfaatan bahan biomassa tentunya difokuskan terhadap limbah, karena umumnya limbah dibuang begitu saja dan menimbulkan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan limbah pertanian lebih lanjut mengurangi penumpukan limbah dan mengurangi pencemaran lingkungan. Limbah pertanian yang

dimanfaatkan biasanya digunakan sebagai energi alternatif. Pemanfaatan energi alternatif berbahan biomassa didasarkan pada segi biaya produksi yang murah dan bahannya melimpah. Salah satu pemanfaatan dari bahan biomassa tersebut adalah biobriket atau briket arang.

Briket arang adalah briket yang dibuat dari bahan biomassa atau limbah biomassa. Salah satu potensi bahan baku briket arang dari bahan biomassa adalah limbah dari buah durian (*Durio zibethinus Murray*). Durian merupakan nama dari tumbuhan tropis yang berasal dari Asia Tenggara dan sekitarnya. Tanaman durian mulai berbunga pada umur sekitar 8 tahun, yang jatuh waktu kemarau pada bulan Juni - September sehingga pada bulan Oktober - April buah durian sudah siap panen (Nugroho, 2018). Produksi durian di Indonesia pada tahun 2013 yang terbesar adalah provinsi Jawa Timur sebesar 158,344 ton. Sebaran produksi durian yang terbesar di Jawa Timur meliputi 5 kabupaten dan pada posisi kelima Kabupaten Jember memiliki produksi durian sebesar 7,653 ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian 2014, dalam Fitri dan Islahuddin, 2018). Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa banyak limbah yang dihasilkan dari melimpahnya produksi durian, karena tidak semua bagian dari durian dapat dimakan.

Menurut Wahyono (2009), Buah durian yang dapat dimakan hanya sekitar 20 – 30% pada bagian dagingnya, sisanya 60 – 75% berupa kulit, dan 5 – 15% berupa biji. Bagian biji tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bibit tumbuhan yang baru. Namun bagian kulit durian hanya terbuang menjadi limbah. Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2014) dalam Fitri dan Islahuddin (2018), Produksi durian di Jember pada tahun 2013 sebesar 7,653 ton, yang artinya terdapat 4,592 – 5,740 ton kulit durian yang menjadi limbah. Limbah kulit durian memiliki karakteristik yang sulit terurai dibandingkan dengan buah lainnya, sehingga berpotensi menjadi salah satu limbah hayati yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Saputra 2013, dalam Nugroho, 2018). Penumpukan limbah kulit durian sering terlihat pada kios penjual buah durian. Penyebabnya adalah penjual memberikan garansi terhadap pembeli jika durian yang dibeli cacat. Maka pembeli lebih memilih untuk menyantap durian di kios untuk

mendapatkan garansi, tentunya sisa dari durian yang tidak dimakan dan ditinggalkan di kios penjual tersebut. Akibatnya terjadi penumpukan sisa durian yang tidak dimakan khususnya kulit durian yang selama ini hanya menjadi limbah tanpa ada pemanfaatannya. Salah satu solusi pemanfaatannya adalah dengan menggunakan kulit durian sebagai bahan bakar. Menurut Hasanah dan Tjahjani (2020), penggunaan limbah kulit durian sebagai bahan bakar pada tungku masak hanya menghasilkan nilai kalor 3.786,95 kal/g. Namun jika dijadikan briket arang dapat memperbesar nilai kalornya yakni 5.152 kal/g. Hal tersebut memunculkan ide pemanfaatan kulit durian menjadi briket arang sebagai bahan bakar alternatif. Bahan kulit durian dapat diperoleh dari kios penjual buah durian. Pembuatannya dilakukan melalui proses pengarangan, penggerusan, pencampuran, pencetakan dan pengeringan. Pada proses pengarangan pada umumnya menggunakan metode karbonisasi dikarenakan biayanya yang murah dan pelaksanaannya yang cukup mudah. Setelah proses pembuatan briket selesai, proses yang terakhir adalah menentukan kualitas briket yang baik.

Kualitas briket yang baik ditentukan dari ketepatan dalam penambahan perekat. Ketepatan tersebut dapat diketahui dengan cara melakukan beberapa perlakuan variasi dosis perekatnya. Dengan adanya beberapa perlakuan, dapat menentukan dan mengetahui komposisi yang terbaik berdasarkan nilai yang ditunjukkan dari beberapa variabel yang telah memenuhi standarisasi. Selain itu, kualitas briket dapat dipengaruhi jenis bahan perekat yang digunakan. Bahan perekat juga berpengaruh terhadap kerapatan, ketahanan tekan, nilai kalor, kadar air dan kadar abu briket (Hasanah dan Tjahjani, 2020). Pengaruh penambahan dosis perekat terhadap nilai kalor merupakan parameter yang paling utama, karena menentukan kualitas briket yang dihasilkan layak atau tidak layak untuk digunakan. Penambahan perekat menyebabkan nilai kalor berkurang atau menurun. Hal tersebut dikarenakan bahan perekat yang sulit terbakar dan membawa lebih banyak air. Sehingga panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air dalam briket yang sebagian besar terkandung bahan perekat (Rahmadani *et al.*, 2017).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memanfaatkan kulit durian yang diolah menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang digunakan sebagai pengganti bahan bakar alternatif atau briket arang. Bahan perekat pada penelitian menggunakan tepung tapioka. Tapioka jika dibuat sebagai perekat mempunyai daya rekat yang tinggi dibandingkan dengan tepung - tepung jenis lain (Nuwa dan Prihanika, 2018). Penentuan kualitas briket arang yang terbaik mengacu pada komposisi bahan antara arang kulit durian dengan perekat tepung tapioka. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berpengaruh dalam rangka mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Bagian akhir dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik briket arang yang memiliki nilai ekonomis tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang tersebut maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

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

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu bahan baku yang digunakan dalam pembuatan briket arang adalah limbah kulit durian dengan penambahan variasi dosis perekat tapioka. Limbah kulit durian yang digunakan berasal dari daerah lokal Kabupaten Jember. Variasi dosis perekat tapioka yang digunakan adalah 3%, 5% dan 7% dari massa bahan baku. Pengujian briket arang dilakukan pada kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran. Analisis data yang digunakan pada pembuatan briket arang ini adalah *analysis of varians* (Anova) satu arah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji karakteristik pembakaran briket arang (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran) limbah kulit durian dengan penambahan variasi dosis perekat tepung tapioka.
2. Menentukan campuran komposisi briket arang limbah kulit durian dengan karakteristik pembakaran terbaik sebagai bahan bakar alternatif.

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 yaitu briket dari limbah pertanian dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis.
3. Bagi masyarakat dapat digunakan sebagai edukasi untuk masyarakat bahwa limbah pertanian dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, yang berupa produk ataupun buangan. Contoh yang dapat diketahui dari biomassa adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Biomassa dapat dimanfaatkan sebagai tujuan primer yaitu serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi atau bahan bakar. Sumber energi yang terbuat dari biomassa memiliki kelebihan antara lain termasuk ke dalam sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*), sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*) (Astuti *et al.*, 2016).

Potensi biomassa di Indonesia yang dapat digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat banyak. Menurut Parinduri dan Parinduri (2020), potensi biomassa Indonesia sebesar 146,7 juta ton per tahun, sedangkan potensi biomassa yang berasal dari sampah atau limbah untuk tahun 2020 diperkirakan sebanyak 53,7 juta ton. Limbah yang terutama berasal dari hewan ataupun tumbuhan yang berpotensi untuk dimanfaatkan dan dikembangkan. Tanaman yang berasal dari pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup banyak. Jumlah tersebut tentunya dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar alternatif. Menurut Parinduri dan Parinduri (2020), pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar alternatif memberi tiga keuntungan langsung sebagai berikut.

- a) Meningkatnya efisiensi energi secara keseluruhan yang disebabkan oleh kandungan energi yang ada pada limbah cukup besar, jika tidak dimanfaatkan akan menumpuk dan menimbulkan pencemaran.
- b) Menghemat biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal daripada memanfaatkannya.

- c) Mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.

2.2 Briket Arang

Menurut Asri dan Indrawati (2018), menyatakan bahwa briket merupakan bahan bakar alternatif yang menyerupai arang akan tetapi terbuat dari bahan non kayu. Sedangkan briket biomassa adalah briket yang dibuat dari bahan biomassa sebagai pengganti arang kayu dan batubara. Contoh limbah biomassa yang memiliki potensi digunakan sebagai briket salah satunya adalah kulit durian. Pembuatan briket tidak serta merta hanya melalui pengarangan lalu diberi perekat agar briket memiliki bentuk. Proses selanjutnya yang dilakukan pada briket yang sudah berbentuk adalah pengujian standar mutu yang mengacu pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Standar mutu dan karakteristik briket (SNI 01-6235 (2000))

No	Parameter	Nilai
1	Kadar air	8%
2	Kadar abu	8%
3	Nilai kalor	Min. 5000 kal/gram

Sumber : Irhamni *et al.*, (2019)

Menurut Adan (1998) dalam Fachry *et al.* (2010), menyatakan, briket adalah gumpalan yang dibuat dari bahan lunak yang kemudian dikeraskan. Sedangkan briket arang merupakan gumpalan atau batangan arang yang terbuat dari bahan yang lunak. Faktor - faktor yang mempengaruhi sifat dari suatu briket arang antara lain berat jenis bahan bakar atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, dan tekanan pengempaan. Pencampuran bahan dan perekat pada briket juga dapat mempengaruhi sifat briket.

Syarat briket yang baik adalah briket yang memiliki permukaan yang halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Menurut Nursyiwani dan Nuryetti (2005), dalam Fachry *et al.* (2010), menyatakan bahwa sebagai bahan bakar, briket harus memenuhi kriteria yang harus dipenuhi, antara lain:

- a) Mudah untuk dinyalakan
- b) Tidak mengeluarkan asap yang berlebihan
- c) Emisi gas yang dihasilkan tidak mengandung racun
- d) Kedap air dan tidak berjamur apabila disimpan dalam waktu yang lama
- e) Menunjukkan upaya dari laju pembakaran yaitu : waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran yang baik.

2.3 Kulit Durian

Durian merupakan salah satu buah yang sangat terkenal dan paling fenomenal. Rasanya yang lezat dan aroma yang sangat kuat membuat banyak orang Indonesia khususnya berusaha terus untuk mencari agar dapat dinikmati. Buah durian ini merupakan buah yang dapat tumbuh pada iklim tropis termasuk di wilayah Indonesia dan sekitarnya. Tinggi dari pohon durian ini bisa mencapai puluhan meter. Buah ini sangat mudah untuk dikenali karena bentuknya yang khas terutama kulitnya yang memiliki duri, maka dari itu memiliki nama durian. Meskipun banyak orang yang menyukai, namun tidak sedikit pula orang yang tidak suka dengan buah durian ini karena aromanya yang kuat dan jika dikonsumsi secara berlebihan membuat perut menjadi panas. Selain itu durian merupakan salah satu bahan biomassa yang dapat dimanfaatkan.

Pemanfaatan durian sebagai bahan biomassa tentunya dikhususkan dari limbah yang dihasilkan. Komposisi durian terbagi menjadi tiga bagian yaitu: daging buah 20 - 35 %, biji 5 - 15% dan kulit mencapai 60 - 75% dari total berat buah durian. Kulit durian merupakan volume terbesar dari buah durian yang selama ini belum ada pemanfaatannya. Limbah kulit durian merupakan biomassa yang memiliki potensi besar untuk dijadikan briket arang (Sari *et al.*, 2015). Potensi tersebut disebabkan oleh kandungan yang terdapat pada kulit durian, yang disajikan pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Kandungan kulit durian

Parameter	Nilai (%)
Selulosa	50 - 60
Lignin	5
Pati	5
Pektin	1,04

Sumber: Hasanah dan Tjahjani (2020) dan Arlofa *et al.*, (2015)

Menurut Hatta (2010) dalam Indra (2011), Kulit durian terdiri dari dua bagian yaitu kulit bagian luar dan dalam. Kulit bagian luar durian berupa duri yang memiliki warna kekuningan atau juga kehijauan. Di dalam kulit bagian luar durian tersusun oleh selulose, lignin, dan pati dalam jumlah yang rendah. Sedangkan kulit bagian dalam durian berupa jaringan berwarna putih yang sebagian besar tersusun atas pektin. (Wong *et al.* 2009, dalam Indra 2011). Pektin adalah zat alami yang terdapat pada sebagian besar tanaman pangan (Arlofa *et al.*, 2015).

Menurut Prabowo (2009), Kulit durian apabila dijadikan briket arang memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahan lainnya. Karena di dalamnya terdapat sel serabut dengan dimensi yang panjang serta dinding serabut yang tebal sehingga mampu berikatan dengan baik apabila diberi perekat pada saat dilakukan pembentukan briket. Keunggulan lainnya adalah kulit durian mengandung selulosa yang tinggi 50 - 60% dan kandungan lignin 5 % serta kandungan pati yang rendah 5 %. Bahan-bahan tersebut merupakan bahan yang mudah terbakar. Hal itu menjadi sebuah indikasi bahwa kulit durian berpotensi jika diolah menjadi bahan bakar (Sulistianto, 2017). Briket dengan bahan dasar kulit durian yang sudah dijadikan arang melalui proses pengarangan dengan campuran perekat tanpa tambahan biomassa lain dapat diperoleh nilai kalor dengan hasil 5.152 kal/g (Hasanah dan Tjahjani, 2020).

2.4 Bahan Perekat

Menurut Fachry *et al.* (2010), untuk dapat merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket diperlukan zat pengikat sehingga

dihasilkan briket yang padat. Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan dari bahan pengikat dapat dibagi sebagai berikut :

1) Berdasarkan sifat

Karakteristik dari bahan baku perekatan untuk pembuatan briket antara lain:

- Memiliki gaya kohesi yang baik jika dicampur dengan semikokas atau batu bara.
- Mudah terbakar dan tidak berasap.
- Mudah didapatkan dalam jumlah banyak dan harganya terjangkau.
- Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

2) Berdasarkan jenis

Jenis dari bahan baku yang umum dipakai sebagai perekatan untuk pembuatan briket, antara lain:

- Pengikat anorganik, contohnya yaitu semen, lempung, natrium silikat.
- Pengikat organik, contohnya yaitu kanji atau tepung tapioka, lempung, tar, aspal, amilum, molase dan paraffin.

Dari jenis - jenis bahan pengikat atau perekat di atas, yang paling umum digunakan adalah bahan perekat dari kanji atau tepung tapioka. Tepung tapioka berasal dari umbi ketela pohon yang dibuat menjadi tepung. Bahan ini umumnya juga sering digunakan sebagai bahan untuk pembuatan kue - kue dan aneka masakan. Tapioka jika dibuat sebagai perekat mempunyai daya rekat yang tinggi dibandingkan dengan tepung - tepung jenis lain (Nuwa dan Prihanika, 2018).

2.5 Teori Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi bahan bakar secara cepat yang disertai dengan menghasilkan panas atau panas dan cahaya. Pelepasan panas dan cahaya dengan ditandai terbentuknya api. Pembakaran yang sempurna terjadi apabila terdapat sejumlah oksigen yang cukup dan dilakukan dengan udara yang berlebih untuk dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna. Proses pembakaran juga dapat didefinisikan sebagai reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Hasil dari pembakaran yang utama adalah CO₂ (Karbon Dioksida), H₂O (Air) dan energi panas. Sedangkan hasil yang lainnya adalah CO (Karbon

Monoksida), abu (*ash*), NO_x (Nitrogen Oksida), atau SO_x (Sulfur Dioksida), tergantung berdasarkan jenis dari bahan bakarnya (Triwibowo, 2013).

Pembakaran sempurna merupakan proses pembakaran hasil gas buangnya terdiri dari gas CO₂ dan H₂O. Menurut Wahjudi (2017), persamaan umum untuk reaksi pembakaran sempurna adalah sebagai berikut :



Pembakaran dikatakan sempurna apabila campuran bahan bakar dan oksigen mempunyai perbandingan yang tepat, sehingga tidak terdapat sisa. Sedangkan pembakaran tidak sempurna, hasil gas buangnya selain gas CO₂ dan H₂O, juga terdapat gas - gas lain seperti gas CO, HC, dan NO_x dan partikel padat. Untuk hasil pembakaran bahan bakar padat menghasilkan partikel padat yang pada umumnya dalam bentuk abu. Pembakaran bahan bakar padat tidak dapat terjadi langsung seperti pada bahan bakar cair ataupun gas. Proses pembakarannya melalui dua tahap yaitu pirolisis dan pembakaran. Pada proses pirolisis terjadi reaksi endotermal, yang artinya bahan bakar yang dipanasi akan menaikkan temperature bahan bakar, dari suhu ruang sampai pada kondisi terjadi pelepasan gas atau uap serta bahan - bahan lain yang menguap. Setelah pelepasan tersebut temperatur bahan bakar akan mencapai temperatur pembakaran, sehingga pembakaran akan berlangsung yang ditandai dengan nyala api dari bahan bakar tersebut. Warna nyala yang terjadi merupakan indikasi energi panas yang telah dihasilkan. Semakin terang nyala api energi panas pembakaran maka semakin tinggi pula bahan bakar padat yang benar-benar kering. Hal tersebut meningkatkan efisiensi pembakaran dan mempersingkat waktu penyalaan (Afandi *et al.*, 2018).

Efisiensi dari pembakaran bahan bakar tergantung pada proses pencampuran bahan bakar dan oksigen. Pada bahan bakar cair ataupun gas, proses pencampuran bahan bakar dan udara relatif lebih mudah maka partikel padat yang dihasilkan relatif sedikit yang berupa jelaga atau kerak yang menempel pada dinding ruang bakar. Sedangkan pada bahan bakar padat proses pencampuran bahan bakar dan udara jauh lebih sulit, sehingga menghasilkan banyak partikel padat yaitu abu.

Abu atau residu yang dihasilkan selain akibat terjadinya pembakaran tidak

sempurna, juga diakibatkan dari komposisi bahan bakar yang mengandung banyak bahan yang tidak bisa terbakar (Afandi *et al.*, 2018).

2.6 Karbonisasi

Proses karbonisasi merupakan suatu proses dimana suatu bahan dipanaskan dalam ruangan tanpa kontak dengan udara selama proses pembakaran sehingga didapatkan bahan yang menjadi arang. Proses karbonisasi merupakan suatu proses pembakaran tidak sempurna dari bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, yang menghasilkan arang serta menyebabkan penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk uap air, methanol, uap - uap asam asetat dan hidrokarbon (Hasani 1996, dalam Fachry *et al.*, 2010).

Menurut Desi *et al.* (2015), karbonisasi merupakan proses penguraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C. Prosesnya sendiri terdiri atas 4 tahap, yaitu:

1. Penguapan air yang berlangsung pada suhu 100°C - 120°C dan penguapan selulosa terjadi pada suhu 270°C. Destilat yang dihasilkan mengandung asam organik dan sedikit metanol.
2. Reaksi eksotermik yang berlangsung pada suhu 270°C - 310°C. Selulosa terurai menjadi larutan pirolignat, gas kayu (CO dan CO₂, dan sedikit ter.
3. Peningkatan jumlah gas CO, CH₄ dan H₂ serta ter pada suhu 310°C - 510°C dan penurunan jumlah asam pirolignat dan CO₂.
4. Peningkatan kadar karbon yang terjadi pada suhu 500°C - 1000°C.

Menurut Fachry *et al.* (2010), proses pengarangan dapat dibagi menjadi empat tahap yang dijelaskan sebagai berikut:

- a) Penguapan air, lalu terjadi penguraian selulosa menjadi destilat yang sebagian besar mengandung asam - asam dan metanol.
- b) Penguraian selulosa secara intensif, sehingga menghasilkan gas serta sedikit air.
- c) Penguraian senyawa lignin yang menghasilkan lebih banyak tar yang jumlahnya akan bertambah pada waktu yang lama dan suhu tinggi.

d) Pembentukan gas hidrogen yang merupakan proses pemurnian arang yang terbentuk.

Menurut Wijaya (2007), sampai saat ini terdapat beberapa metode yang digunakan pada proses karbonisasi arang secara sederhana, antara lain:

1. *Earth pit kiln*

Pembuatan arang dengan metode ini merupakan cara yang paling sederhana. Tahapan awal dimana bahan baku arang diletakkan di dalam tanah yang sebelumnya telah digali sampai ketinggian rata dengan tanah. Kemudian di atasnya diberi daun kering untuk memicu nyala api. Setelah nyala api di dapatkan sampai bagian paling bawah, pada bagian atas ditutup dengan tanah sampai semua bagian kayu tertutup. Tujuannya untuk mengurangi pasokan oksigen yang masuk ke dalam ruang karbonisasi.

2. *Drum kiln*

Sesuai dengan namanya, metode ini menggunakan drum dari logam yang tahan panas (umumnya menggunakan drum oli) untuk melakukan karbonisasi arang. Saat ini metode *drum kiln* banyak digunakan untuk proses karbonisasi arang. Karena biaya yang dikeluarkan relatif murah dan juga tidak terikat dengan lokasi yang artinya dapat dipindah - pindahkan.

3. *Brick kiln*

Karbonisasi arang pada metode ini menggunakan ruang pembakaran yang terbuat dari tanah liat atau batu bata. Ruang pembakarannya dibuat sedemikian rupa seperti halnya ruang pembakaran pada umumnya. Tahapan awalnya bahan baku arang dimasukkan ke dalamnya dan kemudian dibakar. Keuntungan yang dimiliki metode ini adalah panas pembakarannya yang tinggi.

4. *Drum kiln dengan reverse draught*

Metode karbonisasi ini hampir sama dengan *drum kiln* yaitu menggunakan silinder dari logam tahan panas. Namun pada tabungnya terdapat cerobong yang letaknya pada bagian bawah. Tujuannya untuk mengurangi besarnya *draft* atau tekanan yang diakibatkan oleh aliran udara dan gas sisa pembakaran. Metode karbonisasi ini biasa digunakan untuk karbonisasi arang dalam skala besar.

2.7 Densifikasi

Densifikasi merupakan salah satu langkah dari rangkaian proses penanganan limbah yang meliputi pengumpulan, penyimpanan, dan pengangkutan, pemilihan, penggilingan, dan pengeringan. Prinsip densifikasi adalah dengan memberi tekanan pada suatu material untuk menghilangkan kekosongan (*void*) internal dan antar partikel. Penekanan pada proses densifikasi yang dilakukan pada biomassa bertujuan agar massanya menjadi rapat dan juga meningkatkan kerapatan potensi energinya (Azhar dan Rustamaji, 2012). Pada umumnya penekanan tersebut ditemukan pada pembriketan. Biomassa yang hendak dilakukan pembriketan harus terlebih dahulu diperkecil ukurannya agar dalam proses pembriketan bisa menjadi lebih rapat dan mudah dalam pelaksanaannya. Proses pembriketan sendiri meliputi pengarangan, penggilingan, pencampuran bahan perekat, pencetakan, dan pengeringan (Asri dan Indrawati, 2018).

Menurut Parinduri dan Parinduri (2020), menyatakan bahwa secara umum densifikasi mempunyai beberapa keuntungan yaitu: dapat menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa teknik densifikasi ini memiliki dampak yang baik bagi lingkungan. Karena dalam proses penganannya dapat meningkatkan keuntungan yang besar dari suatu pemanfaatan suatu limbah.

Tekanan pencetakan briket merupakan tekanan yang diberikan alat pencetak pada saat proses pencetakan briket. Semakin besar tekanan pencetakan maka semakin tinggi kerapatannya, sehingga semakin rendah kadar air dan semakin rendah juga laju pembakarannya. Pernyataan tersebut dibuktikan dari pengujian dengan tekanan 150 kg/cm², nilai kadar air terendah adalah 6,6 %. Hal tersebut dikarenakan dengan adanya tekanan maka kandungan air pada saat pencetakan akan berkurang dalam jumlah tertentu. Sedangkan laju pembakaran paling rendah yaitu rata-rata 0,35 g/menit, hal tersebut dikarenakan semakin rapatnya pori-pori membuat distribusi merambatnya temperatur panas tidak mudah hilang (Pambudi *et al.*, 2018).

2.8 Karakteristik Briket Arang

2.8.1 Kadar Air

Kadar air adalah kandungan air yang terkandung dalam bahan. Kadar air merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan kualitas briket yang dihasilkan. Kenaikan kadar air disebabkan oleh pembuatan bahan perekat yang melakukan penambahan sejumlah air, yang mengakibatkan kadar air briket bertambah. Sehingga semakin banyak perekat yang dicampurkan maka semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam briket. Kandungan air yang tinggi akan menyulitkan penyalaan briket dan mengurangi suhu pembakaran. Kadar air yang rendah pada briket mempengaruhi kualitas briket, karena semakin rendah kadar air yang terkandung maka nilai kalor yang dihasilkan semakin tinggi (Rahmadani *et al.*, 2017).

2.8.2 Kadar Abu

Menurut Rahmadani *et al.* (2017), kadar abu merupakan sisa residu setelah proses pembakaran yang tidak memiliki kadar karbon. Kandungan zat anorganik yang terkandung dan tidak dapat terbakar akan tertinggal dan menjadi abu. Kadar abu dapat ditentukan melalui perbandingan antara jumlah bahan tersisa dengan jumlah bahan yang terbakar. Kandungan kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor. Hal itu dikarenakan abu tidak lagi memiliki kandungan karbon, sehingga nilai kalor yang terkandung dalam briket menurun. Kandungan abu juga dapat menimbulkan kerak pada peralatan yang digunakan dalam pembakaran. Jadi persentase abu yang diizinkan dalam briket tidak boleh terlalu besar. Semakin tinggi konsentrasi perekat yang ditambahkan pada briket mengakibatkan kandungan abu yang dihasilkan briket menurun. Penurunan konsentrasi arang yang digunakan menyebabkan kandungan abu menurun, karena abu dihasilkan dari kandungan zat anorganik yang terkandung pada arang. Sehingga ketika konsentrasi arang yang digunakan sedikit maka kandungan abu pada briket juga sedikit (Ismayana 2011, dalam Rahmadani *et al.* 2017).

2.8.3 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter yang sangat penting untuk diketahui karena akan menentukan kualitas briket yang dihasilkan termasuk layak atau

tidak. Semakin tinggi nilai kalor briket, maka semakin tinggi juga kualitas briket tersebut. Nilai kalor briket tergantung pada komposisi bahan briket tersebut. Tingginya rendahnya nilai kalor dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang pertama adalah bahan baku, karena setiap bahan baku memiliki nilai kalor yang berbeda - beda sesuai dengan karakteristiknya (Triono 2006, dalam Rahmadani *et al.* 2017) Faktor yang lain adalah suhu karbonisasi, semakin rendah suhu karbonisasi maka nilai kalor juga rendah (Faizal 2014, dalam Rahmadani *et al.* 2017). Namun suhu karbonisasi yang dilakukan juga tidak bisa terlalu tinggi, yang artinya hanya pada batas optimum suhu karbonisasi saja (Rahmadani *et al.*, 2017). Kalor adalah suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Pengujian nilai kalor pada bioriket dapat dilakukan menggunakan *bomb kalorimeter* dengan tujuan untuk mengetahui besar energi bruto yang terdapat pada briket (Almu *et al.*, 2014).

2.8.4 Laju Pembakaran

Laju pembakaran merupakan penggambaran dari berkurangnya bobot per satuan waktu selama pembakaran terjadi. Konsentrasi bahan perekat yang tinggi pada briket akan membuatnya menjadi lebih padat, sehingga membuat rongga udara menjadi sempit. Rongga udara yang sempit membuat sulitnya oksigen masuk untuk membantu penyalaan api. Laju pembakaran dapat dipengaruhi oleh nilai kalor dan kadar air yang terkandung pada briket. Nilai kalor yang tinggi dan kadar air yang rendah pada briket menghasilkan laju pembakaran yang tinggi. Struktur arang juga dapat mempengaruhi laju pembakaran. Jadi bahan perekat mempengaruhi dan menghambat laju pembakaran. Kualitas briket yang baik adalah briket yang mudah terbakar dan memiliki laju pembakaran yang tinggi, tetapi belum ada ketetapan dalam SNI mengenai standarisasi besar laju pembakaran briket (Rahmadani *et al.*, 2017).

2.8.5 Suhu Pembakaran

Briket dengan nilai kalor yang tinggi dapat mencapai suhu pembakaran yang tinggi dan suhu optimum yang dicapai cukup lama. Peningkatan suhu pembakaran terjadi secara perlahan, kemudian meningkat secara cepat untuk mencapai suhu maksimal dan selanjutnya menurun sampai pada akhir proses

pembakaran. Suhu pembakaran yang tinggi menaikkan laju reaksi, kemudian menyebabkan waktu pembakaran menjadi lebih singkat (Jamilatun, 2008). Peningkatan suhu pada awal pembakaran yang lambat disebabkan karena pada awal penyalaan briket tersebut panas yang dihasilkan digunakan untuk menguapkan sejumlah air yang masih terdapat pada briket. Suhu yang semakin tinggi pada proses karbonisasi mempercepat laju penguapan air dan meninggalkan biomassa. Dalam waktu karbonisasi tertentu, sisa air pada arang hasil karbonisasi semakin sedikit ketika karbonisasi dilakukan pada suhu semakin tinggi (Haryono *et al.*, 2020). Pengujian suhu pembakaran ini untuk mengetahui suhu awal nyala dan suhu maksimum pada saat proses pembakaran. Suhu pembakaran merupakan parameter penting dalam pembakaran briket karena dapat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi pada proses suhu pembakaran adalah perbandingan campuran dan proses pengeringan (*sintering*) (Rukmana *et al.*, 2018).

2.9 Uji Scoring

Uji *scoring* digunakan untuk mengetahui rentan atau jarak perbedaan kualitas di antara beberapa hasil yang diperoleh dari produk sejenis atau dengan kata lain pengujian panelis untuk memberikan nilai (skor) tertentu terhadap suatu karakteristik mutu. Uji *scoring* biasanya dilakukan oleh panelis baik panelis terlatih, semi terlatih atau panelis tidak terlatih. Setiap skor yang diberikan dalam pengujian skoring melambangkan tingkat nilai kualitas terhadap produk yang dinilai. Nilai tersebut berupa angka (angka terburuk sampai angka terbaik) yang akan menyatakan tingkat mutu penilaian suatu hasil dari produk sejenis (Nurwati dan Hasdar, 2021).

Selain itu, uji *scoring* digunakan untuk mencari korelasi pengukuran subjektif dengan objektif dalam rangka pengukuran objektif dengan menggunakan pendekatan skala atau skor yang dihubungkan dengan deskripsi tertentu dari atribut mutu produk. Pada sistem skoring, angka yang digunakan untuk menilai intensitas produk dengan susunan meningkat atau menurun (Kartika *et al.* 1988, dalam Ikrawan *et al.*, 2019).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Jumiati (2019) dengan membuat briket arang dari bahan kulit durian. Dalam penelitian ini, perekat yang digunakan adalah tepung tapioka dengan menggunakan tiga variasi perbandingan limbah kulit durian dan tepung tapioka. Variasi komposisi kulit durian dan perekat tepung tapioka antara lain: 70% : 30%, 65% : 55% dan 60% : 40%, sedangkan waktu pengeringan yaitu selama 3 hari. Parameter pengujian yang dilakukan meliputi: kadar air, densitas, nilai kalor, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon, laju pembakaran dan kuat tekan. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa briket bioarang yang dihasilkan pada komposisi 65% : 35% merupakan hasil yang optimum. Pada komposisi tersebut, briket yang dihasilkan memiliki nilai kadar air 8,11%, densitas 0,570 g/cm³, kadar abu 8,08%, kadar karbon 76,64% sesuai standar mutu briket Indonesia. Pada komposisi tersebut nilai kuat tekan yang dihasilkan rendah yaitu 10,689 kg/cm², akan tetapi menghasilkan laju pembakaran 0,0707 g/menit dan nilai kalor 5002 kal/g yang besar sehingga briket yang dihasilkan baiknya dipergunakan untuk skala rumah tangga.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei - Juli 2022 yang dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Laboratorium Engineering Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yakni sebagai berikut.

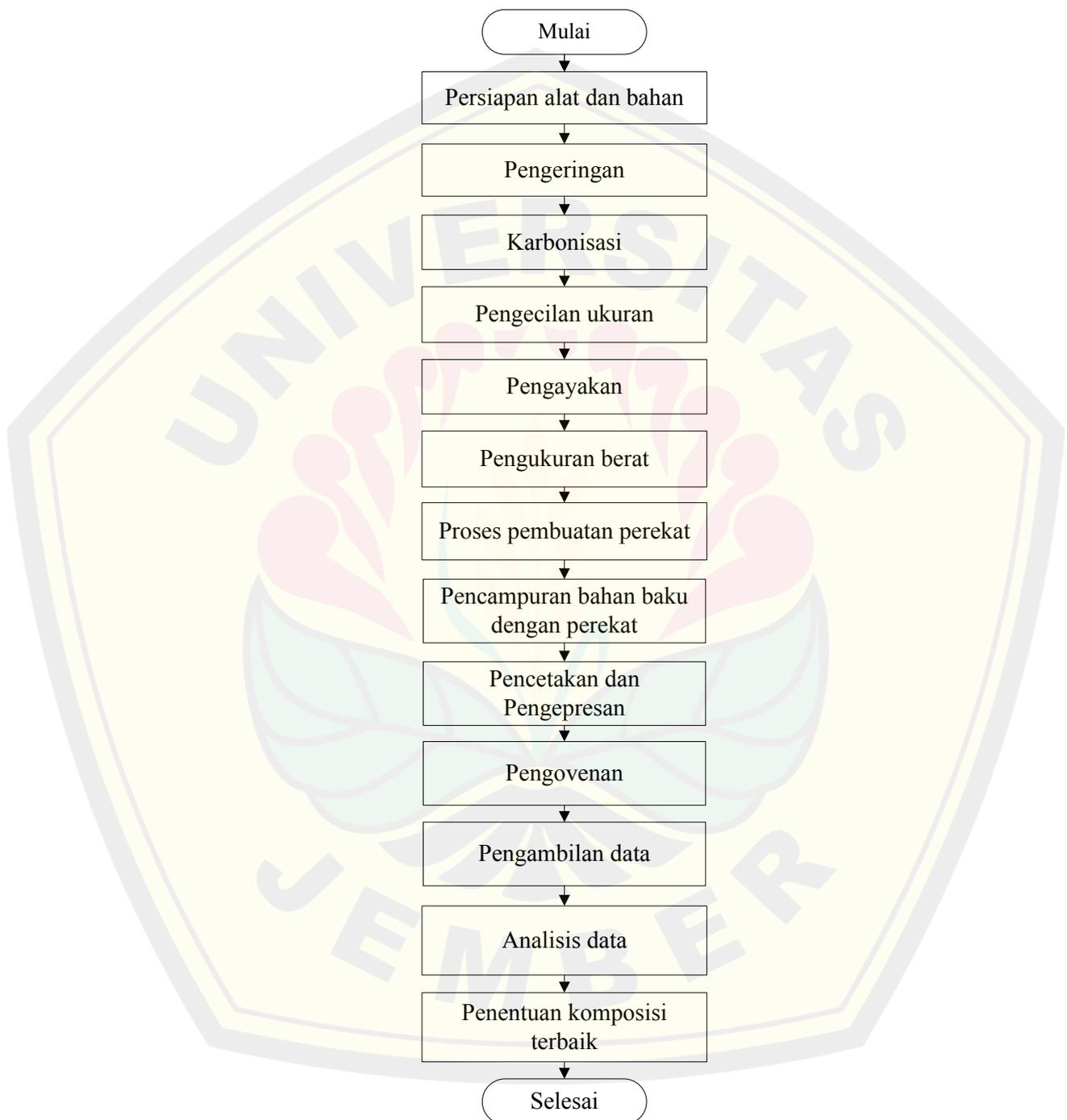
1. Satu set alat briket digunakan sebagai alat pengempa
2. Timbangan analitik digunakan menimbang bahan
3. Drum bekas digunakan sebagai media karbonisasi kulit durian
4. Penumbuk digunakan untuk menghaluskan hasil karbonisasi kulit durian
5. Ayakan 60 mesh digunakan untuk menyaring bahan dengan ukuran lebih kecil
6. Tungku briket sebagai tempat pembakaran briket
7. Thermometer digital digunakan untuk mengukur suhu pembakaran
8. *Stopwatch* digunakan untuk mengukur laju pembakaran
9. Oven digunakan untuk mengeringkan dan mengurangi kadar air briket arang
10. Desikator digunakan untuk mendinginkan briket dari proses pengovenan
11. Laptop dan *software Microsoft Excel 2013* untuk pengolahan dan analisis data

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yakni sebagai berikut.

1. Kulit durian
2. Tepung tapioka
3. Air

3.3. Prosedur Penelitian

Proses penelitian ini memiliki beberapa tahapan dan prosedur pelaksanaan untuk menghasilkan briket dengan komposisi yang baik. Tahapan proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan briket arang kulit durian

Berikut ini merupakan tahapan proses awal hingga akhir penelitian pembuatan briket berbahan baku dari kulit durian yang dijelaskan sebagai berikut.

3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang dipersiapkan ditujukan sebagai komponen pendukung pada proses pembuatan briket. Penggunaan alat yang utama terdapat pada proses karbonisasi bahan yaitu drum bekas yang telah dilakukan modifikasi. Tujuannya untuk dapat melakukan pembakaran bahan dalam proses pembentukan arang. Modifikasi yang dilakukan adalah pemberian bagian yang terdiri dari ruang pembakaran, cerobong, dan lubang masuk udara.

Persiapan bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan briket pada penelitian ini yaitu limbah kulit durian sebanyak 8 kg serta bahan perekat berupa tepung tapioka sebanyak 1 kg dan air sebanyak 2 liter sebagai media pencampuran bahan perekat.

3.1.2 Pengeringan

Sebelum dilakukan proses pengeringan kulit durian terlebih dahulu dipotong menggunakan alat pemotong seperti parang dengan ukuran 3 – 5 cm agar pengeringannya merata. Proses pengeringan pada bahan baku kulit durian dilakukan selama 3 – 4 hari dengan memanfaatkan panas matahari hingga kadar air pada kisaran 15%. Proses pengeringan pada kulit durian dilakukan untuk mengurangi kandungan air yang masih terkandung pada kulit durian dan untuk memudahkan pada proses karbonisasi.

3.1.3 Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan dengan memasukkan kulit durian yang sudah dilakukan pengeringan kedalam drum bekas dengan menggunakan metode *drum kiln*. Drum bekas tersebut sebelumnya dimodifikasi dengan tinggi 74 cm dan diameter 23,5 cm. Lalu ditambahkan cerobong asap yang dari pipa besi yang berdiameter 12 cm dengan panjang 80 cm. Kemudian menambahkan lubang berdiameter 1 cm secara merata yang berada di bagian dasar drum dengan jumlah sekitar 20 lubang. Terakhir ditambahkan pipa pemanas dari pipa besi berbentuk segi empat dengan dimensi 3 cm x 3 cm dengan tinggi 50 cm.

Tahapan awal karbonisasi adalah dengan memasukkan kulit durian yang sudah kering ke dalam ruang pembakaran sampai penuh. Pada tungku bagian bawah drum kemudian dilakukan pembakaran pada suhu pembakaran 450°C selama 90 menit. Nyala api dihasilkan dari kayu bakar sekitar 10 kg dengan sabut kelapa sebagai pemacu nyala api pembakaran. Setelah pembakaran selesai dilakukan pendinginan dengan waktu sekitar 3 jam. Terakhir bagian atas drum dibuka untuk mengeluarkan dan memisahkan arang kulit durian dengan abu dari hasil karbonisasi.

3.1.4 Pengecilan Ukuran

Bahan baku arang kulit durian yang masih berbentuk padat dilakukan pengecilan ukuran menggunakan alat lumpang dan alu. Bahan arang kulit durian dimasukkan ke dalam lumpang dan ditumbuk menggunakan alu hingga menghasilkan arang yang berukuran kecil sampai partikelnya halus. Hal ini dilakukan untuk mempermudah tahapan proses selanjutnya agar semua bahan baku dapat dengan mudah disatukan.

3.1.5 Pengayakan

Proses pengayakan pada bahan dilakukan dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 60 mesh yang ada pada Laboratorium Engineering Hasil Pertanian. Tujuannya agar mendapatkan ukuran yang seragam sehingga dapat memudahkan tahapan proses selanjutnya. Pengayakan diawali dengan memasukkan bahan arang yang sudah dilakukan pengecilan ukuran ke dalam ayakan. Pemberian bahan sampai terisi setengah dari ayakan dengan tujuan agar tidak tumpah saat dilakukan pengayakan. Bahan yang tidak lolos dari ayakan akan di ayak kembali hingga habis. Ukuran bahan yang lebih kecil dan seragam diperlukan untuk proses selanjutnya agar dapat menghasilkan briket dengan kerapatan dan keteguhan yang diharapkan.

3.1.6 Pengukuran Berat

Pengukuran berat dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik, dalam proses penimbangan ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi bahan yang tepat sesuai dengan komposisi berat antara bahan baku utama dengan bahan perekat yang telah ditentukan sebelumnya.

3.1.7 Proses Pembuatan Perekat

Bahan perekat digunakan untuk menyatukan bahan baku agar tidak patah atau retak sehingga menghasilkan briket yang kompak. Pembuatan perekat tepung tapioka menggunakan campuran air dengan perbandingan 1 : 5. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini yakni tepung tapioka dengan tiga variasi dosis yaitu 3%, 5%, dan 7%. Pembuatannya adalah dengan membuat adonan dari campuran air dengan tepung tapioka dengan perbandingan yang sudah ditentukan. Adonan yang sudah jadi lalu di aduk dan panaskan sampai suhu 70°C hingga terbentuk homogen. Perekat yang sudah jadi akan mengental dan lengket serta yang sebelumnya berwarna putih menjadi bening. Perekat yang dicampurkan dengan bahan tujuannya untuk menghasilkan kerapatan dan keteguhan pada briket.

3.1.8 Pencampuran Bahan Baku dengan Perekat

Pada penelitian ini bahan baku briket berupa arang kulit durian yang dicampurkan dengan bahan perekat tepung tapioka untuk menyatukan partikel - partikel briket arang. Pencampuran bahan mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu (Citra *et al.*, 2018), dengan menggunakan variasi dosis perekat yang telah ditetapkan sebesar 3%, 5% dan 7% dari massa bahan baku. Komposisi bahan briket arang dengan variasi pemberian dosis perekat tepung tapioka disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Komposisi perbandingan bahan baku briket arang

Perlakuan	Perbandingan Kulit Durian dan Perekat	
	Kulit Durian	Tepung Tapioka
A	97% (48,5 gram)	3% (1,5 gram)
B	95% (47,5 gram)	5% (2,5 gram)
C	93% (46,5 gram)	7% (3,5 gram)

3.1.9 Pencetakan dan Pengepresan

Pencetakan dan pengepresan dilakukan pada bahan baku yang sebelumnya telah dicampur bahan perekat dengan komposisi bahan yang telah ditentukan.

Bahan yang sudah tercampur tersebut kemudian dimasukkan kedalam cetakan

yang berbentuk silinder. Cetakan yang berisi campuran bahan selanjutnya ditekan menggunakan mesin pencetak yaitu berupa satu set alat pengempa hidrolis dengan pemberian tekanan yang ditentukan sebesar 150 kg/cm². Pencetakan briket bertujuan untuk mendapatkan sebuah briket yang memiliki bentuk blok silinder agar briket mudah dalam penggunaannya dan juga pada saat pengemasan. Besarnya tekanan yang diberikan pada saat pencetakan mempengaruhi densitas dan porositas yang juga mempengaruhi efisiensi pembakaran.

3.1.10 Pengovenan

Pengovenan briket arang dilakukan dengan cara mengeringkan menggunakan oven listrik yang bertujuan untuk mengurangi kadar air yang masih tersisa pada briket tersebut. Pengovenan berlangsung selama 24 jam dengan suhu 60°C. Menurut Kalsum (2016), suhu pengeringan yang umum dilakukan adalah menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu sebesar 60°C. Tujuannya agar briket arang menjadi kering dan kadar air yang terkandung dapat disesuaikan dengan ketentuan kadar air yang berlaku pada briket.

3.1.11 Pengambilan Data

Pengambilan data briket arang kulit durian dilakukan untuk memperoleh data terkait kadar air, kadar abu, laju pembakaran, suhu pembakaran dan nilai kalor yaitu dilakukan dengan 3 kali pengulangan pengukuran pada setiap analisis.

1. Kadar air

Pengukuran kadar air dilakukan untuk mengetahui besarnya kadar air pada briket arang yang terdapat pada setiap sampel yang analisis. Pengeringan menggunakan oven maupun sinar matahari merupakan pengukuran yang dapat dilakukan. Nilai kadar air yang telah dilakukan pengukuran dinyatakan dalam bentuk presentase menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa setelah dikeringkan}}{\text{massa awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

2. Kadar abu

Pengukuran kadar abu dilakukan dengan cara membakar langsung briket arang. Cawan yang berisi briket arang di bakar pada briket arang tersebut, lalu

dinginkan di dalam desikator dan yang terakhir ditimbang. Nilai kadar abu diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

3. Nilai kalor

Pengukuran nilai kalor yang terdapat pada briket dilakukan menggunakan alat bomb calorimeter. Pembacaan dilakukan pada setiap kenaikan temperatur air pada fakat bomb calorimeter, panjang kawat yang terbakar dan sisa sampel untuk mengetahui nilai kalor pada sampel. Tujuannya untuk mengetahui jumlah panas yang dihasilkan briket ketika mengalami proses pembakaran dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Nilai Kalor} = \frac{\text{suhu akhir} - \text{suhu awal} \times 2575,6 \left(\frac{\text{cal}}{^{\circ}\text{C}}\right)}{\text{massa sampel}} \text{ (cal/gr)} \dots \dots \dots (3.1)$$

4. Laju pembakaran

Pengukuran laju pembakaran dilakukan dengan menggunakan tungku briket. Briket yang telah ditimbang dibakar sampai menjadi abu dan waktu dari pembakaran tersebut dihitung menggunakan stopwatch. Kemudian massa abu ditimbang dengan tujuan untuk mengetahui selisih massa yang terbakar dari massa awal. Perhitungan laju pembakaran menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{\text{massa briket terbakar}}{\text{waktu pembakaran}} \text{ (gr/menit)} \dots \dots \dots (3.4)$$

5. Suhu pembakaran

Pengukuran suhu pembakaran dilakukan menggunakan thermometer digital yang dimasukkan pada tungku briket. Tujuannya untuk mengukur suhu pembakaran briket arang pada setiap menit hingga briket telah dinyatakan habis terbakar. Ketika suhu pembakaran sudah konstan selanjutnya dilakukan pengambilan data suhu pembakaran.

3.1.12 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah *analysis of varians* (Anova) satu arah. Kegunaan dari analisis ini untuk mengetahui kualitas dan karakteristik briket arang yang paling baik berdasarkan perlakuan yang berbeda.

Data yang digunakan adalah hasil perolehan data karakteristik briket arang kulit durian dan kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel 2013*. Analisis data pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

1. Penentuan hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini menggunakan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) dengan ketentuan sebagai berikut.

- a. A = Komposisi briket, 97% arang kulit durian : 3% perekat tapioka
- b. B = Komposisi briket, 95% arang kulit durian : 5% perekat tapioka
- c. C = Komposisi briket, 93% arang kulit durian : 7% perekat tapioka

Uraian penentuan hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut.

- a. $H_0 : \mu A = \mu B = \mu C$, tidak ada yang berbeda nyata dari penambahan bahan perekat tapioka terhadap komposisi briket kulit durian terkait karakteristik briket (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran).
- b. $H_1 : \mu A, \mu B, \mu C$, ada yang berbeda nyata dari penambahan bahan perekat tapioka terhadap komposisi briket kulit durian terkait karakteristik briket (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran).

2. Penentuan taraf signifikansi

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

3. Perhitungan derajat bebas

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

- a. Derajat bebas perlakuan

$$= a - 1$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

- b. Derajat bebas galat

$$= N - a$$

$$= 9 - 3$$

$$= 6$$

- c. Derajat bebas total
 = derajat bebas perlakuan + derajat bebas galat
 = 2 + 6
 = 8

4. Penentuan nilai F tabel

Nilai F tabel didapatkan dari pembacaan pada tabel distribusi F dengan melihat nilai derajat bebas perlakuan dan derajat bebas galat yaitu pada angka (2, 6). Pembacaan pada tabel distribusi F menghasilkan nilai sebesar 5,1432.

5. Penentuan nilai F hitung

Hasil penentuan dari nilai F hitung didapatkan dari perbandingan pada nilai kuadrat tengah (*mean square*) yang dihasilkan dari pembagian antara jumlah kuadrat perlakuan (*sum of square*) dengan derajat bebas.

6. Penentuan kriteria keputusan

Kriteria keputusan didasarkan pada perbandingan antara nilai F hitung dan F tabel terhadap hipotesis yang ditentukan sebagai berikut.

- a. $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$, yang berarti H_0 ditolak (H_1 diterima)
- b. $F \text{ hitung} < F \text{ tabel}$, yang berarti H_0 diterima (H_1 ditolak)

3.1.13 Penentuan Komposisi Terbaik

Penentuan komposisi terbaik dari dari pemberian variasi dosis briket arang kulit durian dan bahan perekat tepung tapioka ditentukan dengan menggunakan metode uji *scoring* dengan berdasarkan hasil analisis data yang telah diperoleh. Karakteristik briket arang dapat dilihat kriteria sebagai berikut :

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 ≥ 5000 kal/gram.
4. Laju pembakaran yaitu nilai tertinggi.
5. Suhu pembakaran yaitu nilai tertinggi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kadar Air

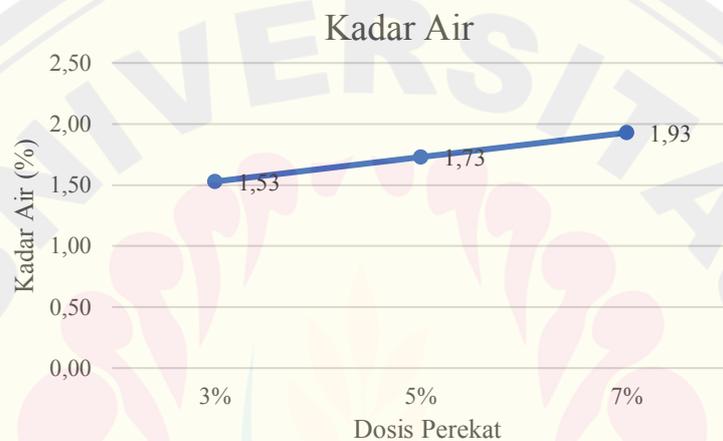
Analisis kadar air yang dilakukan pada briket arang kulit durian bertujuan untuk mengetahui hasil yang baik dari beberapa perlakuan yang digunakan. Hasil yang diperoleh dari pengamatan kadar air juga dapat mengetahui mutu briket dengan kualitas yang baik sesuai dengan SNI mutu briket. Kadar air adalah kandungan air yang terdapat pada suatu bahan. Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menentukan kualitas briket arang yang dihasilkan. Hasil dari sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi perekat dalam pembuatan briket memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air briket. Kadar air yang terdapat dalam perekat menambah kadar air briket, sehingga semakin banyak kadar perekat maka semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam briket (Rahmadani *et al.*, 2017). Data hasil dari uji kadar air pada briket arang kulit durian dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data hasil uji kadar air

Ulangan	Perlakuan		
	A	B	C
1	1,80	1,40	1,99
2	1,00	1,60	1,79
3	1,79	2,19	2,00
Rata-rata(bb%)	1,53	1,73	1,93

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan yang dilakukan pada briket arang kulit durian menghasilkan nilai rata-rata kadar air yang berbeda-beda. Nilai rata-rata kadar air pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) memperoleh nilai sebesar 1,53%. Perlakuan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) memperoleh nilai sebesar 1,73%. Sedangkan perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) memperoleh nilai sebesar 1,93%. Nilai rata-rata kadar air tersebut telah

memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa kadar air yang berkualitas baik yaitu dengan nilai kurang dari 8%. Nilai kadar air yang kurang dari 8% di atas diperoleh dengan cara pengeringan menggunakan oven listrik dengan suhu 60°C selama 24 jam. Hasil nilai kadar air yang didapat pada penelitian ini jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu oleh Jumiati (2019). Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian kadar air yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kadar air

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 nilai kadar air mengalami peningkatan pada setiap penambahan presentase kadar perekat yang diberikan pada briket arang kulit durian. Nilai kadar air terendah diperoleh pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dengan nilai sebesar 1,53%. Sedangkan nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) dengan nilai sebesar 1,93%. Nilai kadar air pada briket dapat dipengaruhi oleh jenis bahan baku. Menurut Berek (2019), Pada umumnya kadar air briket dapat dipengaruhi oleh jenis bahan baku, jenis perekat dan metode pengujian yang digunakan. Bahan baku dalam briket akan mempengaruhi kualitas dari briket tersebut, karena semakin tinggi kadar air bahan baku maka dalam proses karbonisasi maka lebih banyak kalor yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air tersebut menjadi uap sehingga energi yang tersisa dalam arang menjadi lebih kecil. Kadar air yang tinggi membuat briket sulit untuk dinyalakan pada saat

pembakaran dan banyak menghasilkan asap. Hasil dari analisis nilai kadar air menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Analisis kadar air menggunakan Uji Anova satu arah

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ftabel
Kadar Air	2	0,2398	0,1199		
Galat	6	0,7940	0,1323	0,9063	5,1433
Total	8	1,0338	0,2522		

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa analisis kadar air menggunakan Uji Anova satu arah pada briket arang kulit durian memiliki perbedaan yang tidak nyata. Hal ini dilihat dari F_{hitung} lebih kecil dari pada F_{tabel} sehingga H_0 diterima, yang menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh yang nyata dari variasi pemberian kadar perekat terhadap nilai kadar air dari setiap perlakuan pada briket arang kulit durian. Dengan kata lain bahwa ketiga perlakuan penambahan variasi dosis perekat terhadap komposisi briket menunjukkan pengaruh yang sama terhadap nilai kadar air briket yang dihasilkan. Hal ini mengandung implikasi bahwa perbedaan komposisi setiap perlakuan tidak mempunyai efek terhadap nilai kadar air.

4.2 Analisis Kadar Abu

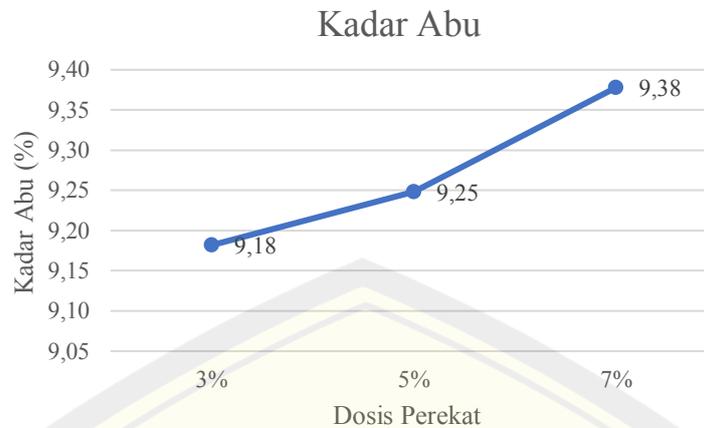
Analisis kadar abu yang dilakukan pada briket arang bertujuan untuk mengetahui residu yang tersisa setelah proses pembakaran dari beberapa perlakuan yang digunakan. Kadar abu merupakan residu yang tersisa setelah proses pembakaran yang tidak memiliki kadar karbon lagi. Kandungan zat anorganik yang tidak dapat terbakar tersebut tertinggal dan menjadi abu. Kadar abu dapat ditentukan melalui perbandingan antara jumlah bahan tersisa dengan jumlah bahan yang habis terbakar. Kandungan abu dalam bahan dapat menurunkan nilai kalor pada briket arang dan menimbulkan kerak pada peralatan yang digunakan dalam pembakaran, sehingga persentase kadar abu yang diizinkan dalam bahan tidak boleh terlalu besar (Rahmadani *et al.*, 2017). Hasil dari uji

kadar abu pada briket arang kulit durian dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data hasil uji kadar abu

Ulangan	Perlakuan		
	A	B	C
1	8,93	9,28	9,36
2	9,24	9,26	9,37
3	9,38	9,21	9,40
Rata-rata(%)	9,18	9,25	9,38

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan yang dilakukan pada briket arang kulit durian menghasilkan nilai rata-rata kadar abu yang berbeda-beda. Nilai rata-rata kadar abu pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) memperoleh nilai sebesar 9,18%. Perlakuan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) memperoleh nilai sebesar 9,25%. Sedangkan perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) memperoleh nilai sebesar 9,38%. Nilai rata-rata kadar abu tersebut belum memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa kadar abu yang berkualitas baik yaitu dengan nilai kurang dari 8%. Hasil nilai kadar abu dari penelitian terdahulu oleh Jumiati (2019) lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil pada penelitian ini. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian kadar abu yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kadar abu

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 nilai kadar abu mengalami peningkatan pada setiap penambahan presentase kadar perekat yang diberikan pada briket arang kulit durian. Nilai kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dengan nilai sebesar 9,18%. Sedangkan nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) dengan nilai sebesar 9,38%. Tinggi rendahnya nilai kadar abu pada briket dipengaruhi oleh kandungan bahan anorganik yang terdapat pada tepung tapioka. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Iriany *et al.* (2016), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar perekat tapioka dapat menyebabkan kenaikan kadar abu, karena dipengaruhi oleh kandungan bahan anorganik yang terdapat pada tepung tapioka. Hasil dari analisis nilai kadar abu menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Analisis kadar abu menggunakan Uji Anova satu arah

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F tabel
Kadar Abu	2	0,0597	0,0298		
Galat	6	0,1099	0,0183	1,6294	5,1433
Total	8	0,1696	0,0482		

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa analisis kadar abu menggunakan Uji Anova satu arah pada briket arang kulit durian memiliki perbedaan yang tidak nyata. Hal ini dilihat dari F_{hitung} lebih kecil dari pada F_{tabel}

sehingga H_0 diterima, yang menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh yang nyata dari variasi pemberian kadar perekat terhadap nilai kadar abu dari setiap perlakuan pada briket arang kulit durian. Dengan kata lain bahwa penambahan variasi dosis perekat terhadap komposisi briket menunjukkan pengaruh yang sama terhadap nilai kadar abu briket yang dihasilkan. Hal ini mengandung implikasi bahwa perbedaan komposisi setiap perlakuan tidak mempunyai efek terhadap nilai kadar abu.

4.3 Analisis Nilai Kalor

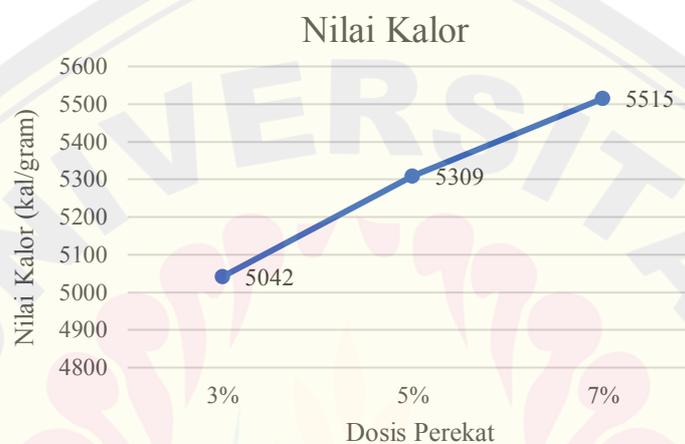
Nilai kalor pada briket arang adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Analisa nilai kalor pada suatu bahan bakar dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dibebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya reaksi atau proses pembakaran (Tjokrowisastro dan Widodo 1990, dalam Almu *et al.* 2014). Pengujian nilai kalor merupakan parameter yang penting, karena nilai kalor dapat menentukan kualitas pada briket arang. Semakin tinggi nilai kalor yang dimiliki briket arang, maka kualitasnya semakin tinggi. Hasil dari uji nilai kalor pada briket arang kulit durian dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Data hasil uji nilai kalor

Ulangan	Perlakuan		
	A	B	C
Rata-rata(kal/gram)	5042	5309	5515

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan yang dilakukan pada briket arang kulit durian menghasilkan nilai kalor yang berbeda-beda. Nilai kalor pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) memperoleh nilai sebesar 5042 kal/gram. Perlakuan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) memperoleh nilai sebesar 5309 kal/gram. Sedangkan perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) memperoleh nilai sebesar 5515 kal/gram. Nilai kalor briket arang kulit durian dari

semua perlakuan tersebut sudah memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa nilai kalor yang berkualitas baik yaitu dengan nilai lebih dari 5000 kal/gram. Hasil nilai kalor yang didapat pada penelitian ini jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Jumiati (2019). Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian nilai kalor yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian nilai kalor

Dapat dilihat pada Gambar 4.3 hasil nilai kalor mengalami peningkatan pada setiap penambahan presentase kadar perekat yang diberikan pada briket arang kulit durian. Nilai kalor terendah diperoleh pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dengan nilai sebesar 5042 kal/gram. Sedangkan nilai kalor tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) dengan nilai sebesar 5515 kal/gram. Tinggi rendahnya nilai kalor bergantung pada kadar perekat. Menurut Manik (2010), Kualitas nilai kalor briket meningkat seiring dengan bertambahnya bahan perekat dalam briket tersebut. Bahan perekat memiliki sifat dapat meningkatkan nilai kalor karena di dalamnya mengandung unsur C. Selain itu, jenis perekat tapioka memiliki kandungan pati yang besar dibandingkan perekat lainnya, sehingga briket dengan perekat tepung tapioka memiliki kerapatan yang lebih tinggi (Arafah dan Harsono, 2021). Karena jika semakin besar kerapatan briket

menyebabkan semakin tinggi pula nilai kalornya (Levenspiel 1972, dalam Rahardja *et al.* 2021).

4.4 Analisis Laju Pembakaran

Analisis laju pembakaran yang dilakukan pada briket arang kulit durian bertujuan untuk mengetahui kecepatan berkurangnya bobot yang dihasilkan dari beberapa perlakuan yang digunakan. Kecepatan pembakaran dapat dihitung dari kecepatan berkurangnya bobot per satuan menit selama pembakaran. Pengurangan bobot yang semakin cepat memberikan kecepatan yang semakin besar. Semakin besar kecepatan pembakaran dari briket, maka nyala briket semakin singkat. Nilai kecepatan pembakaran dapat diperoleh dari berat awal atau kering briket dibagi dengan waktu pembakaran briket sampai habis menjadi abu (Ristianingsih *et al.*, 2015). Hasil dari uji laju pembakaran pada briket arang kulit durian dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Data hasil uji laju pembakaran

Ulangan	Perlakuan		
	A	B	C
1	0,25	0,25	0,26
2	0,23	0,24	0,26
3	0,23	0,24	0,26
Rata-rata(g/menit)	0,24	0,24	0,26

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan yang dilakukan pada briket arang kulit durian menghasilkan nilai rata-rata laju pembakaran yang berbeda-beda. Nilai rata-rata laju pembakaran pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) memperoleh nilai sebesar 0,24 gram/menit. Perlakuan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) memperoleh nilai sebesar 0,24 gram/menit. Sedangkan perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) memperoleh nilai sebesar 0,26 gram/menit. Namun, belum ada ketentuan dalam SNI mengenai standarisasi besar laju pembakaran briket. Hasil nilai kadar air yang didapat pada penelitian ini jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Jumiaty (2019).

Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian laju pembakaran yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian laju pembakaran

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 nilai laju pembakaran mengalami peningkatan pada setiap penambahan presentase kadar perekat yang diberikan pada briket arang kulit durian. Nilai laju pembakaran terendah diperoleh pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dengan nilai sebesar 0,24 gram/menit. Sedangkan nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) dengan nilai sebesar 0,26 gram/menit. Tinggi rendahnya laju pembakaran dapat dipengaruhi oleh nilai kalor. Menurut Rahmadani *et al.* (2017), Briket yang memiliki nilai kalor yang tinggi menghasilkan laju pembakaran yang tinggi. Kualitas briket yang baik adalah briket yang mudah terbakar dan memiliki laju pembakaran yang tinggi. Hasil dari analisis nilai laju pembakaran menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ftabel
Laju Pembakaran	2	0,0011	0,0006		
Galat	6	0,0002	0,0000	16,5869	5,1433
Total	8	0,0013	0,0006		

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa analisis laju pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah pada briket arang kulit durian memiliki perbedaan yang nyata. Hal ini dilihat dari F_{hitung} lebih kecil dari pada F_{tabel} sehingga H_0 ditolak, yang menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang nyata dari variasi pemberian kadar perekat terhadap nilai laju pembakaran dari setiap perlakuan pada briket arang kulit durian. Dengan kata lain bahwa penambahan variasi dosis perekat terhadap komposisi briket dapat mempengaruhi nilai laju pembakaran terhadap briket yang dihasilkan.

Menurut Rahmadani *et al.* (2017), Perbedaan yang terjadi terhadap nilai laju pembakaran briket dapat diakibatkan oleh faktor nilai kalor yang dihasilkan pada briket. Semakin tinggi nilai kalor briket maka semakin baik pula nilai laju pembakaran pada briket. Nilai kalor memiliki peranan terhadap laju kenaikan nilai entalpi yang meningkatkan laju pembakaran (Abdullah 2017, dalam Masthura 2019). Selain itu, laju pembakaran juga dapat dipengaruhi oleh suhu pembakaran. Menurut Syarief *et al.* (2021), Suhu pembakaran yang tinggi dapat menaikkan laju reaksi dan menyebabkan waktu pembakaran menjadi lebih singkat. Waktu pembakaran yang singkat akan menaikkan nilai laju pembakaran.

Untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata, selanjutnya dilakukan uji lanjut menggunakan Beda Nyata Jujur (Uji Tukey). Menurut Kusriningrum (2010) dalam Firdaus *et al.* (2013), Data yang diperoleh dianalisis dengan metode *analysis of variance* (Anova) satu arah apabila terjadi perbedaan signifikan, maka dilanjutkan dengan Uji Tukey untuk mengetahui kelompok perlakuan yang memiliki pengaruh sama atau berbeda antara satu dengan yang lainnya. Hasil dari Uji Tukey dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Tukey

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + BNJ	Simbol
A	0,2353	0,2499	a
B	0,2447	0,2593	a
C	0,2623	0,2770	b

Keterangan: Nilai yang diikuti simbol yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Tukey.

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan hasil uji lanjutan menggunakan Uji Tukey. Dapat dilihat dari hasil tersebut perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dengan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) tidak berbeda nyata yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil notasi huruf dari keduanya sama yaitu a. Akan tetapi, perlakuan A dan B memiliki perbedaan nyata dengan perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%). Karena hasil notasi huruf dari perlakuan C berbeda dari perlakuan lainnya yaitu b, begitu sebaliknya.

4.5 Analisis Suhu Pembakaran

Analisis suhu pembakaran yang dilakukan pada briket arang kulit durian bertujuan untuk mengetahui suhu yang dihasilkan dari beberapa perlakuan yang digunakan pada saat pembakaran hingga menjadi abu. Suhu pembakaran pada briket arang merupakan parameter yang penting, karena dapat mempengaruhi kualitas dari briket itu sendiri. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara membakar briket arang terlebih dahulu menggunakan korek api untuk penyalaannya sampai membentuk bara. Kemudian suhu pada pembakaran briket arang tersebut dapat diukur menggunakan *thermocouple* dengan mencatat interval waktu 5 menit sampai briket arang habis terbakar. Hasil dari suhu pembakaran pada briket arang kulit durian dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut.

Tabel 4. 9 Data hasil uji suhu pembakaran

Ulangan	Perlakuan		
	A	B	C
1	166,29	174,60	189,56
2	175,05	191,07	188,51
3	170,91	194,61	185,28
Rata-rata(°C)	170,75	186,76	187,79

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan yang dilakukan pada briket arang kulit durian menghasilkan nilai rata-rata suhu pembakaran yang berbeda-beda. Nilai rata-rata suhu pembakaran pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) memperoleh nilai sebesar

170,75 °C. Perlakuan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) memperoleh nilai sebesar 186,76 °C. Sedangkan perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) memperoleh nilai sebesar 187,79 °C. Namun, belum ada ketetapan dalam SNI mengenai standarisasi besar suhu pembakaran briket. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian suhu pembakaran yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4. 5 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 nilai rata – rata suhu pembakaran menunjukkan mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat yang diberikan pada briket arang kulit durian. Nilai rata – rata suhu pembakaran terendah diperoleh pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dengan nilai sebesar 170,75 °C. Sedangkan nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) dengan nilai sebesar 187,79 °C. Tinggi rendahnya suhu pembakaran dapat dipengaruhi oleh nilai kalor. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Arafah dan Harsono (2021), yang menyatakan bahwa nilai kalor yang dihasilkan tinggi, maka akan memiliki suhu pembakaran yang tinggi. Nilai kalor yang tinggi menyebabkan briket mencapai suhu pembakaran yang maksimal serta suhu optimumnya cukup lama. Hasil dari analisis nilai suhu pembakaran menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4. 10 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ftabel
Suhu Pembakaran	2	547,8595	273,9298		
Galat	6	276,4468	46,0745	5,9454	5,1433
Total	8	824,3064	320,0042		

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah pada briket arang kulit durian memiliki perbedaan yang nyata. Hal ini dilihat dari F_{hitung} lebih kecil dari pada F_{tabel} sehingga H_0 ditolak, yang menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang nyata dari variasi pemberian kadar perekat terhadap nilai suhu pembakaran dari setiap perlakuan pada briket arang kulit durian. Dengan kata lain bahwa penambahan variasi dosis perekat terhadap komposisi briket dapat mempengaruhi nilai suhu pembakaran terhadap briket yang dihasilkan.

Perbedaan yang terjadi terhadap nilai suhu pembakaran briket dapat diakibatkan oleh kandungan nilai kalor dari briket. Hal ini tersebut diperkuat dengan pernyataan Jamilatun (2008), bahwa briket dengan nilai kalor yang tinggi dapat mencapai suhu pembakaran yang tinggi dan pencapaian suhu optimumnya cukup lama.

Selanjutnya dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Tukey, untuk mengetahui pasangan perlakuan yang berbeda nyata. Karena terjadi perbedaan signifikan dari nilai yang dihasilkan tersebut. Hasil dari Uji Tukey dapat dilihat pada Tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.11 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Tukey

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + BNJ	Simbol
A	170,7464	187,7546	a
B	186,7604	203,7686	ab
C	187,7863	204,7946	b

Keterangan: Nilai yang diikuti simbol yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Tukey.

Berdasarkan Tabel 4.11 menunjukkan hasil uji lanjutan menggunakan Uji Tukey. Dapat dilihat dari hasil tersebut perlakuan B (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 5%) dengan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) tidak berbeda nyata yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil notasi huruf dari perlakuan B diikuti yang sama dari keduanya yaitu ab. Akan tetapi, perlakuan A dengan C memiliki perbedaan yang nyata. Karena dilihat dari notasi huruf dari perlakuan A dengan C berbeda yaitu a dengan b, begitu sebaliknya.

4.6 Komposisi Briket Arang Terbaik

Berdasarkan hasil dari penelitian briket arang kulit durian dengan beberapa perlakuan yang telah dilakukan menghasilkan komposisi briket terbaik dari 5 parameter yang telah di uji sebagai berikut.

1. Kadar air yang rendah memiliki kualitas yang baik. Dari hasil penelitian kadar air yang terendah yaitu pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%) dan telah sesuai dengan standar mutu briket SNI 01-6235-2000.
2. Kadar abu yang terendah dari hasil penelitian yaitu pada perlakuan A (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 3%), namun kadar abu tersebut belum sesuai dengan standar mutu briket SNI 01-6235-2000.
3. Nilai kalor yang tertinggi dari hasil penelitian ini yaitu pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%) dan sudah sesuai dengan standar mutu briket SNI 01-6235-2000. Semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan maka briket tersebut memiliki kualitas yang baik.
4. Laju pembakaran tertinggi dari hasil penelitian ini yaitu terdapat pada perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%). Apabila laju pembakaran tinggi maka pembakarannya semakin baik.
5. Suhu pembakaran tertinggi dari hasil penelitian ini yaitu terdapat perlakuan C (briket arang kulit durian dengan kadar perekat 7%). Apabila suhu pembakaran tinggi maka nilai kalor yang dihasilkan juga tinggi.

Untuk mengetahui komposisi briket yang terbaik menggunakan uji *scoring* dari parameter uji yang telah dilakukan pada Tabel 4.12 sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil uji *scoring*

Parameter Uji	Perlakuan		
	A	B	C
Kadar Air	3	2	1
Kadar Abu	3	2	1
Nilai Kalor	1	2	3
Laju Pembakaran	1	2	3
Suhu Pembakaran	1	2	3
Total	9	10	11

Dengan demikian dari hasil penelitian briket arang kulit durian yang menghasilkan briket terbaik yaitu perlakuan C dengan komposisi kadar perekat sebesar 7% karena total skor yang paling banyak. Pada perlakuan C skor terendah didapatkan pada parameter uji kadar air dan kadar abu. Namun nilai kadar air yang diperoleh sudah memenuhi SNI 01-6235-2000.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian variasi dosis perekat memberikan pengaruh terhadap hasil dari uji karakteristik pada penelitian briket arang kulit durian. Kadar air terendah terdapat pada perlakuan A dengan dosis perekat 3% sebesar 1,53%, nilai kadar abu terendah pada perlakuan A dengan dosis perekat 3% sebesar 9,18%, nilai kalor tertinggi pada perlakuan C dengan dosis perekat 7% sebesar 5515 kal/gram, laju pembakaran tertinggi pada perlakuan C dengan dosis perekat 7% sebesar 0,26 g/menit dan suhu pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan C dengan dosis perekat 7% sebesar 187,77°C.
2. Komposisi briket arang kulit durian terbaik dengan menggunakan metode *scoring* yaitu pada perlakuan C dengan dosis perekat 7%. Hal ini dapat diketahui pada uji karakteristik kadar air dan nilai kalor sesuai dengan SNI 01-6235-2000 serta suhu pembakaran dan laju pembakaran cukup tinggi.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian briket arang kulit durian yaitu pada proses karbonisasi harus memperhatikan pengisian bahan pada alat. Pengisian bahan yang penuh mempengaruhi proses pengarangan bahan tidak merata. Sehingga arang yang dihasilkan tidak bisa maksimal. Alternatif penyelesaiannya adalah tidak mengisi penuh bahan atau memberikan sedikit ruang pada alat karbonisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Salimin, dan J. Delly. 2018. Pengaruh Pemanfaatan Faba (Fly Ash And Bottom Ash) Terhadap Laju Perpindahan Panas Pada Tungku Arang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. 3(1):1–12.
- Almu, M. A., Syahrul, dan Y. A. Padang. 2014. Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi. 4(2):117–122.
- Arafah, A. D. dan S. S. Harsono. 2021. Analisis Pengaruh Dosis Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Bahan Perekat pada Karakteristik Briket Ampas Jamu. *Berkala Sainstek*. 9(4):179–185.
- Arlofa, N., A. Safuari, dan I. G. Gunawan. 2015. Pektin Kulit Durian sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Chemtech*. 1(1):6–11.
- Asri, S. dan R. T. Indrawati. 2018. Analisis Pengaruh Jenis Bahan Baku Pembentuk terhadap Karakteristik Briket Biomassa. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Informatika*. (2009). 2018. 343–348.
- Astuti, J., D. Yoza, dan R. Sulaeman. 2016. Potensi Biomassa Nipah (*Nypa Fruticans Wurmb.*) di Desa Lubuk Muda Kecamatan Siak Kecil Kabupaten Bengkalis. *Jomfaperta*. 3(1).
- Azhar dan H. Rustamaji. 2012. Bahan Bakar Padat dari Biomassa Bambu dengan Proses Torefaksi dan Densifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses*. 3(2):26–29.
- Berek, E. R. 2019. Uji Briket Bioarang yang diproses menggunakan Arang Kotoran Sapi, Arang Kotoran Kambing dan Arang Kotoran Ayam dengan Penambahan Sekam Padi terhadap Kualitas yang dihasilkan. *Journal of Animal Science*. 4(4):60–63.
- Citra, Y., F. H. Hamzah, dan Y. Zalfiatri. 2018. Konsentrasi Perekat Pati Sagu terhadap Karakteristik Briket Bioarang dari Limbah Kulit Buah Durian. 5(2):1–9.
- Desi, A. Suharman, dan R. Vinsiah. 2015. Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea Brasilliensis*). *Prosiding SEMIRATA*. 294–303.

- 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.
- Firdaus, M. F. P., S. P. Madyawati, N. S. Widjaja, M. Lamid, K. Rachmawati, dan S. H. Warsito. 2013. Efektivitas Penambahan Kombinasi Tujuh Enzim terhadap Estimasi Pertambahan Berat Badan Sapi Potong Peranakan Simental. *Agroveteriner*. 2(1):1–7.
- Fitri, M. Z. dan M. Islahuddin. 2018. Pengaruh Lama Penyatuan dan Sambung Sistem Kaki Ganda terhadap Pertumbuhan Bibit Durian (*Durio Zibethinus*, L.) di Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal Of Agricultural Science)*. 16(2):283–291.
- Haryono, H., I. Rahayu, dan Y. Deawati. 2020. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Kualitas Briket dari Tongkol Jagung dengan Limbah Plastik Polietilen Terephtalat sebagai Bahan Pengikat. *Jurnal Teknotan*. 14(2):49–54.
- Hasanah, F. dan S. Tjahjani. 2020. Pembuatan dan Karakterisasi Briket Campuran Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) dan Tempurung Keluwak (*Pangium Edule*) sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Kimia*. 9(2).
- Ikrawan, Y., Hervelly, dan W. Pirmansyah. 2019. Korelasi Konsentrasi Black Tea Powder (*Camelia Sinensis*) terhadap Muiu Sensori Produk Dark Chocolate. *Pasundan Food Technology Journal*. 6(2):105–115.
- Indra, M. N. 2011. Pengaruh Proposi Ekstrak Kulit Bagian Dalam Durian dan Gula Pasir terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Jelly Rosela-Pulp Kulit Durian. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Irharni, I., S. Saudah, D. Diana, E. Ernilasari, M. A. Suzanni, dan I. Israwati. 2019. Karakteristik Briket yang dibuat dari Kulit Durian dan Perekat Pati Janeng. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*. 41(1):11–16.
- Iriany, Meliza, Firman Abednego S. Sibarani, dan Irvan. 2016. Pengaruh Perbandingan Massa Eceng Gondok dan Tempurung Kelapa Serta Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 5(1):20–26.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2(2):37–40.

- Jumiati, E. 2019. *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Kulit Durian*. Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Kalsum, U. 2016. Pembuatan Briket Arang dari Campuran Limbah Tongkol Jagung, Kulit Durian dan Serbuk Gergaji Menggunakan Perekat Tapioka. *Distilasi*. 1(1):42–50.
- Manik, F. S. 2010. Pemanfaatan Spent Bleaching Earth dari Proses Pemucatan Cpo sebagai Bahan Baku Briket. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Masthura. 2019. Analisis Fisis dan Laju Pembakaran Briket Bioarang dari Bahan Pelepeh Pisang. *Journal Of Islamic Science And Technology*. 5(1):58–66.
- Nugroho, F. A. 2018. Pengaruh Lama Blanching Pericarp Durian (*Durio Zibethinus Murr*) terhadap Total Fenolik, Flavonoid, Tanin Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Yang Dihasilkannya. 1–6.
- Nuriana, W., N. Anisa, dan Martana. 2013. Karakteristik Biobriket Kulit Durian Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23(1):70–76.
- Nurwati dan M. Hasdar. 2021. Sifat Organoleptik Kue Brownies dengan Penambahan Rumput Laut (*Euचेuma Cottonii*). *Journal Of Food Technology And Agroindustry*. 3(2):69–75.
- Nuwa, N. dan P. Prihanika. 2018. Tepung Tapioka Sebagai Perekat dalam Pembuatan Arang Briket. *Pengabdianmu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(1):34–38.
- Pambudi, F. K., W. Nuriana, dan Hantarum. 2018. Pengaruh Tekanan terhadap Kerapatan, Kadar Air dan Laju Pembakaran pada Biobriket Limbah Kayu Sengon. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI*. 547–554.
- Parinduri, L. dan T. Parinduri. 2020. Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal Of Electrical Technology)*. 5(2):88–92.
- Prabowo, R. 2009. Pemanfaatan Limbah Kulit Durian Sebagai Produk Briket di Wilayah Kecamatan Gunung Pati Kabupaten Semarang. *MEDIAGRO*. 5(1):52–57.

- Rahardja, I. B., C. E. Hasibuan, Y. Dermawan, dan S. N. Kristono. 2021. Pembuatan Briket dari Fiber Kelapa Sawit Berperekat Tepung Tapioka dengan Metode Pembakaran Biasa (Karbonisasi). *Jurnal Citra Widya Edukasi*. 13(1):45–52.
- Rahmadani, F. Hamzah, dan F. H. Hamzah. 2017. Pembuatan Briket Arang Daun Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*) dengan Perekat Pati Sagu (*Metroxylon Sago Rott.*). 4(1):1–11.
- Ristianingsih, Y., A. Ulfa, dan R. Syafitri. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Konversi*. 4(2):16–21.
- Rukmana, F., N. Lintang, dan I. Uhyin. 2018. Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Dasar dan Variasi Tekanan Briket terhadap Nilai Kalor dan Temperatur pada Briket Campuran Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. *Journal Publikasi*. 1(2):1–9.
- Sari, E., E. Praputri, F. Permadi, O. Susanti, dan R. Syafitri. 2015. Peningkatan Kualitas Biobriket Kulit Durian dari Segi Campuran Biomassa , Bentuk Fisik , Kuat Tekan dan Lama. *Simposium Nasional RAPI XI V - 2015 FT UMS*. 14(12). 2015. 193–200.
- Sulistianto, D. 2017. Variasi Ukuran Briket Berbahan Kulit Durian dan Kulit Pisang terhadap Nilai Kalor. *Simki-Techsin*. 01(09).
- Syarief, A., A. Nugraha, dan M. N. Ramadhan. 2021. Pengaruh Variasi Komposisi dan Jenis Perekat terhadap Sifat Fisik dan Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Arang Kayu Alaban (*Vitex Pubescens Vahl*)-Sekam Padi (*Oryza Sativa L.*). *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. 6(1):1–12.
- Triwibowo, B. 2013. Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse dari Industri Alkohol Berbasis Cfd. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 2(2):14–24.
- Wahjudi, S. 2017. Analisis Pencampuran Bahan Bakar Premium - Pertamina terhadap Kinerja Mesin Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 3(2):1–5.
- Wahyono. 2009. Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Kulit dan Pati Biji Durian (*Durio Sp*) untuk Pengemasan Buah Strawberry. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wijaya, H. 2007. Perencanaan Drum Kiln untuk Karbonisasi Arang Tempurung Kelapa. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

Wijaya, P. 2012. Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket. Bogor: Institut Pertanian Bogor.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Kulit durian



Pengeringan kulit durian



Karbonisasi



Pengecekan suhu karbonisasi



Arang kulit durian



Pengecilan ukuran arang



Pengayakan arang



Pembuatan bahan perekat



Pencampuran adonan briket arang



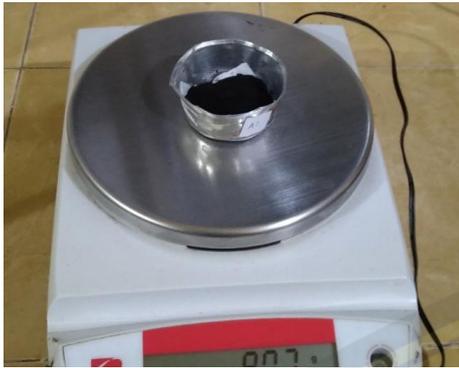
Pencetakan briket arang



Briket Arang



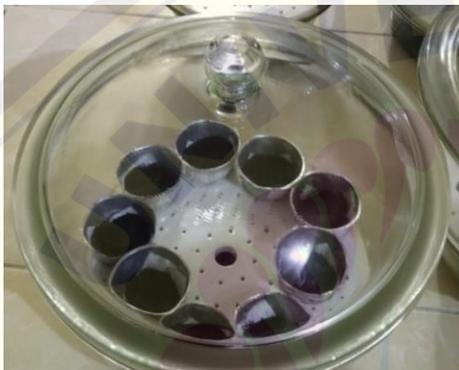
Pengeringan briket arang



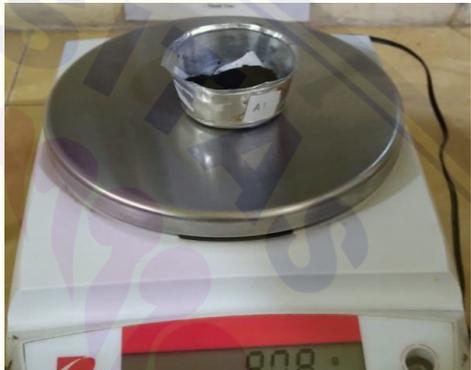
Penimbangan serbuk (kadar air)



Pengovenan kadar air



Pendinginan kadar air



Penimbangan hasil kadar air



Penimbangan briket arang
(kadar abu, laju dan suhu pembakaran)



Sisa abu pembakaran



Penimbangan hasil kadar abu



Pengukuran laju dan suhu pembakaran



Lampiran 2. Data kadar air

Perlakuan	Ulangan	Berat Cawan (g)	Berat Sampel (g)	Berat Sampel + Cawan (g)		Kadar air (%)	Rata-Rata (%)	Max (%)	Min (%)
				Sebelum pengeringan	Sesudah pengeringan				
A	1	3,18	5,01	8,19	8,10	1,80	1,53	1,80	1,00
	2	3,56	5,02	8,58	8,53	1,00			
	3	3,53	5,02	8,55	8,46	1,79			
B	1	3,62	5,01	8,63	8,56	1,40	1,73	2,19	1,40
	2	3,64	5,01	8,65	8,57	1,60			
	3	3,21	5,02	8,23	8,12	2,19			
C	1	3,61	5,02	8,63	8,53	1,99	1,93	2,00	1,79
	2	3,47	5,02	8,49	8,40	1,79			
	3	3,60	5,00	8,60	8,50	2,00			

Lampiran 3. Data kadar abu

Perlakuan	Ulangan	Massa Awal (g)	Abu Sisa Pembakaran (g)	Kadar abu (%)	Rata-Rata (%)	Max (%)	Min (%)
A	1	51,30	4,58	8,93	9,18	9,38	8,93
	2	48,60	4,49	9,24			
	3	48,30	4,53	9,38			
B	1	49,90	4,63	9,28	9,25	9,28	9,21
	2	49,70	4,60	9,26			
	3	49,40	4,55	9,21			
C	1	49,90	4,67	9,36	9,38	9,40	9,36
	2	51,10	4,79	9,37			
	3	50,10	4,71	9,40			

Lampiran 4. Data nilai kalor

Perlakuan	Kadar Perlakuan	Nilai Kalor (kal/g)
A	97% arang kulit durian + 3% perekat	5042
B	95% arang kulit durian + 5% perekat	5309
C	93% arang kulit durian + 7% perekat	5515

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA <small>Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id</small>		FPO 5.10-1
	FORMULIR		
JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN		Tgl. Terbit / Revisi : 13 Juli 2022 Halaman : 1-1 File : Damar Sastra Amukti	

Nomor : 064/UN.32.3.7.3/LT/2022
Nama pemilik : Damar Sastra Amukti
NIM : 181710201055
Alamat : Jl. Hakmahera Gang 3 No. 8 Jember Jawa Timur
Jenis contoh : Serbuk
Kondisi khusus dari contoh : tidak ada pengambilan contoh
Tanggal terima contoh uji : 7 Juli 2022
Tanggal pengujian : 13 Juli 2022
Metode Uji : Bomb Kalorimeter
Hasil Pengujian : Nilai Kalor

No	Kode Sampel	Nilai Kalor (kal/gram)	Keterangan
1.	A	5,042	
2.	B	5,309	
3.	C	5,515	

13 Juli 2022

Kepala Laboratorium Kimia,


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

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Lampiran 5. Data nilai laju pembakaran

Perlakuan	Ulangan	Berat Sampel (g)	Waktu Pembakaran (menit)	Laju Pembakaran (g/menit)	Rata-Rata (g/menit)
A	1	51,30	209,00	0,25	0,24
	2	48,60	210,00	0,23	
	3	48,30	211,00	0,23	
B	1	49,90	200,00	0,25	0,24
	2	49,70	206,00	0,24	
	3	49,40	203,00	0,24	
C	1	49,90	191,00	0,26	0,26
	2	51,10	193,00	0,26	
	3	50,10	192,00	0,26	

Lampiran 6. Data suhu pembakaran

A

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-Rata (°C)
	1	2	3	
0	38	37	34	36,33
5	104	101	97	100,67
10	120	117	113	116,67
15	113	102	87	100,67
20	112	100	103	105,00
25	94	111	90	98,33
30	124	101	99	108,00
35	120	89	123	110,67
40	108	110	105	107,67
45	119	155	122	132,00
50	152	160	110	140,67
55	97	110	155	120,67
60	92	121	122	111,67
65	187	211	267	221,67
70	207	234	294	245,00
75	273	307	339	306,33
80	314	310	320	314,67
85	286	310	323	306,33
90	312	305	307	308,00
95	268	305	302	291,67
100	310	322	300	310,67
105	282	314	297	297,67
110	284	330	307	307,00
115	286	326	290	300,67
120	270	322	287	293,00
125	270	307	280	285,67
130	252	310	272	278,00
135	249	282	246	259,00
140	219	254	228	233,67
145	198	204	202	201,33
150	163	175	176	171,33
155	152	158	165	158,33
160	153	142	155	150,00
165	149	134	120	134,33
170	116	128	117	120,33
175	95	88	80	87,67
180	100	96	62	86,00
185	56	57	57	56,67
190	43	48	58	49,67

195	35	45	46	42,00
200	34	32	32	32,67
205	28	29	32	29,67
210		28	28	28,00
215				
Max	314	330	339	314,67
Min	28	28	28	28,00
Rata-Rata	166	175	171	169,67

B

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-Rata (°C)
	1	2	3	
0	39	38	37	38,00
5	97	105	97	99,67
10	123	105	119	115,67
15	124	123	117	121,33
20	95	138	128	120,33
25	92	137	107	112,00
30	112	142	140	131,33
35	113	159	154	142,00
40	120	174	160	151,33
45	119	147	163	143,00
50	99	154	200	151,00
55	105	153	175	144,33
60	189	190	198	192,33
65	222	260	281	254,33
70	260	301	297	286,00
75	271	339	320	310,00
80	299	337	365	333,67
85	282	331	340	317,67
90	302	337	357	332,00
95	284	312	331	309,00
100	344	330	345	339,67
105	322	330	330	327,33
110	324	341	314	326,33
115	304	339	298	313,67
120	320	297	297	304,67
125	318	301	284	301,00
130	323	281	278	294,00
135	261	268	258	262,33
140	224	251	249	241,33
145	194	226	240	220,00
150	151	184	216	183,67
155	111	170	167	149,33

160	114	163	141	139,33
165	81	134	127	114,00
170	58	90	83	77,00
175	51	71	63	61,67
180	46	67	56	56,33
185	35	56	42	44,33
190	29	44	38	37,00
195	27	42	34	34,33
200		31	33	32,00
205		27		27,00
210				
Max	344	341	365	339,67
Min	27	27	33	27,00
Rata-Rata	175	191	195	183,13

C

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-Rata (°C)
	1	2	3	
0	38	39	41	39,33
5	80	86	86	84,00
10	107	108	110	108,33
15	98	108	113	106,33
20	112	125	135	124,00
25	122	110	120	117,33
30	120	106	124	116,67
35	161	170	149	160,00
40	160	188	150	166,00
45	175	174	169	172,67
50	167	181	187	178,33
55	163	179	193	178,33
60	178	183	200	187,00
65	183	190	204	192,33
70	240	285	281	268,67
75	248	299	278	275,00
80	297	322	311	310,00
85	326	360	331	339,00
90	344	365	344	351,00
95	362	379	373	371,33
100	353	355	349	352,33
105	340	321	333	331,33
110	329	290	279	299,33
115	275	284	250	269,67
120	259	263	241	254,33
125	237	240	200	225,67

130	241	228	210	226,33
135	220	210	199	209,67
140	211	198	197	202,00
145	205	177	160	180,67
150	200	131	180	170,33
155	189	98	173	153,33
160	167	130	130	142,33
165	150	140	129	139,67
170	152	121	100	124,33
175	94	109	99	100,67
180	34	39	40	37,67
185	29	32	31	30,67
190	27	29	27	27,67
195				
Max	362	379	373	371,33
Min	27	29	27	27,67
Rata-Rata	190	189	185	187,79