



**PENGARUH JENIS DAN JUMLAH CAMPURAN PEREKAT TERHADAP
SIFAT FISIK BRIKET ARANG SEKAM PADI**

SKRIPSI

Oleh
Intan Ambarikma Bahtiar
NIM 161710201021

UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
TEKNIK PERTANIAN
2020



**PENGARUH JENIS DAN JUMLAH CAMPURAN PEREKAT TERHADAP
SIFAT FISIK BRIKET ARANG SEKAM PADI**

SKRIPSI

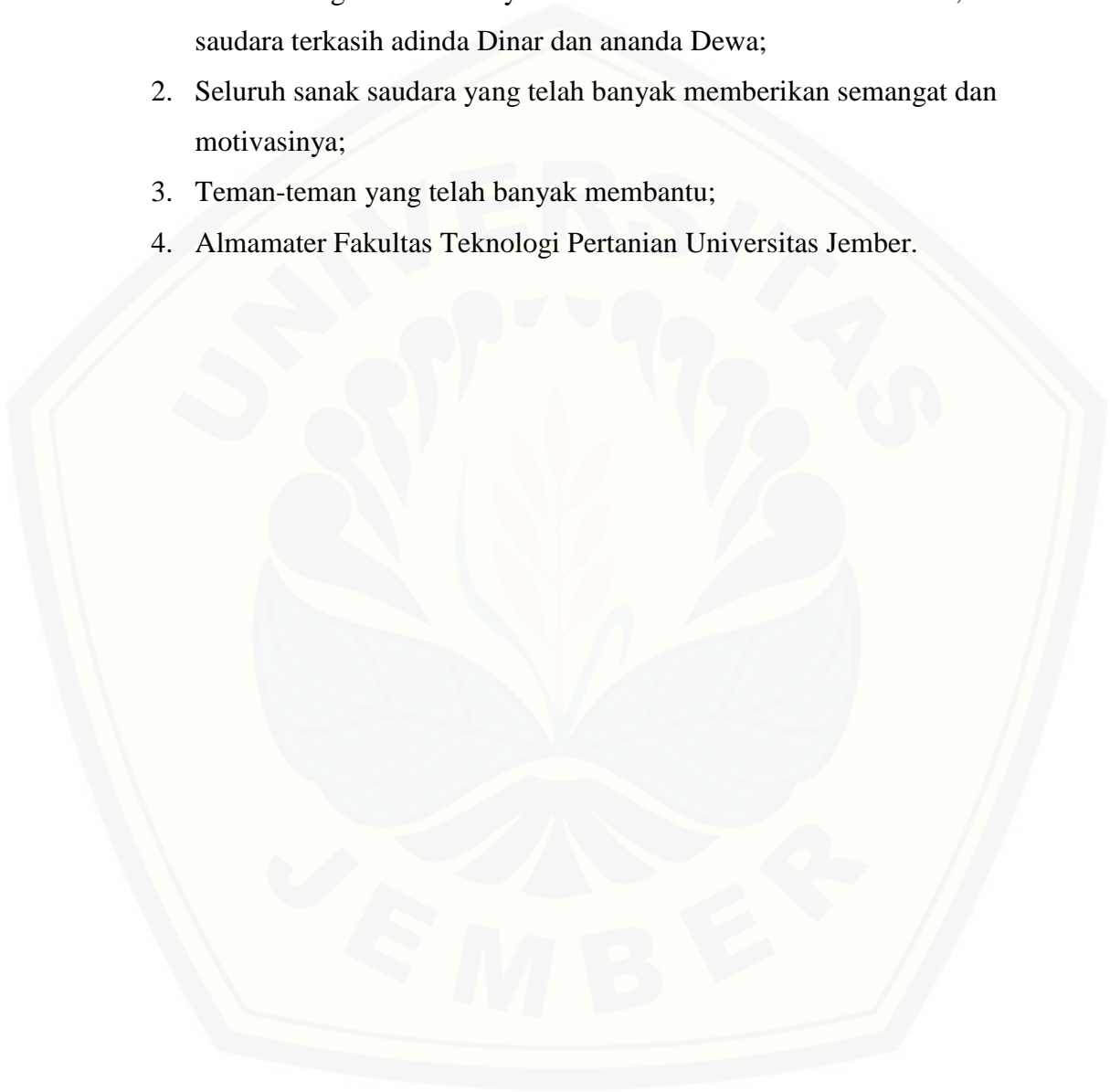
Oleh
Intan Ambarikma Bahtiar
NIM 161710201021

UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
TEKNIK PERTANIAN
2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

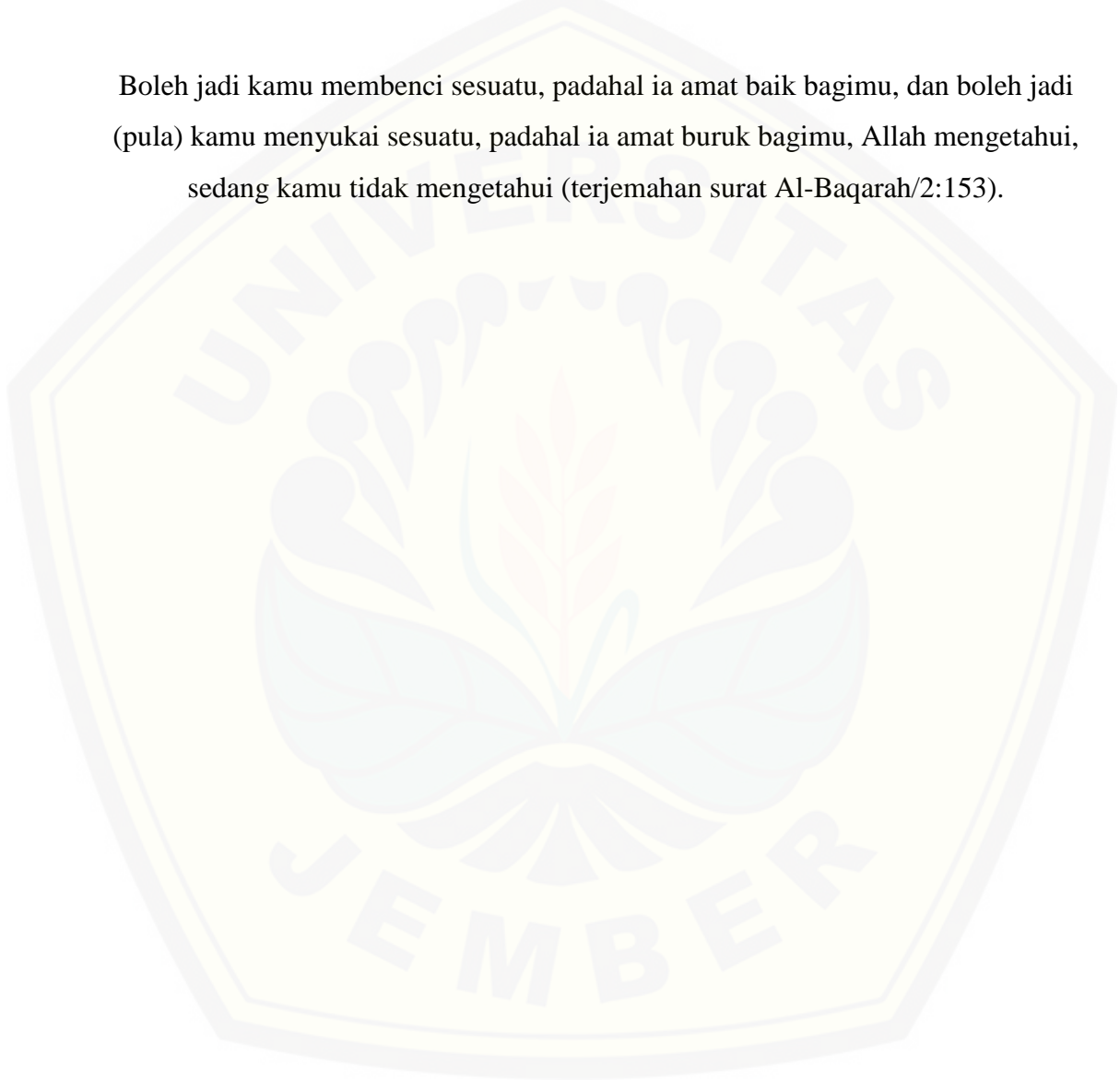
1. Kedua orang tua tercinta ayahanda Ismanto dan ibunda Subaidah, serta saudara terkasih adinda Dinar dan ananda Dewa;
2. Seluruh sanak saudara yang telah banyak memberikan semangat dan motivasinya;
3. Teman-teman yang telah banyak membantu;
4. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

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

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui (terjemahan surat Al-Baqarah/2:153).



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Ambarikma Bahtiar

NIM : 161710201021

Menyatakan bahwa penelitian proposal yang berjudul "*Pengaruh Jenis dan Jumlah Campuran Perekat terhadap Sifat Fisik Briket Arang Sekam Padi*" adalah benar-benar karya sendiri, dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai etika keilmuan yang berlaku. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Mei 2020

Yang menyatakan,

Intan Ambarikma Bahtiar

NIM. 161710201021

SKRIPSI

**PENGARUH JENIS DAN JUMLAH CAMPURAN PEREKAT TERHADAP
SIFAT FISIK BRIKET ARANG SEKAM PADI**

Oleh

Intan Ambarikma Bahtiar
NIM. 161710201059

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Pengaruh Jenis dan Jumlah Campuran Perekat terhadap Sifat Fisik Briket Arang Sekam Padi*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama

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

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Mengesahkan

Dekan,

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

RINGKASAN

Pengaruh Jenis dan Jumlah Campuran Perekat terhadap Sifat Fisik Briket Arang Sekam Padi; Intan Ambarikma Bahtiar, 161710201021; 2020; 40 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Makhluk hidup sangat bergantung terhadap energi. Berdasarkan ketersediaannya, sumber energi dapat dibagi menjadi 2 yaitu sumber energi tak terbarukan dan sumber energi terbarukan. Sumber energi tak terbarukan merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarukan dan jumlahnya sangat terbatas di bumi. Sedangkan sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat digunakan langsung secara bebas dan terus-menerus serta tak terbatas. Biomassa merupakan jenis bahan bakar yang berasal dari bahan organik. Biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti batu bara yaitu briket. Briket arang adalah bahan bakar yang pengolahannya dapat berasal dari limbah pertanian salah satunya yaitu sekam padi. Arang tersebut dihaluskan terlebih dahulu kemudian dicetak sesuai dengan kebutuhan dan menggunakan campuran perekat agar mudah dibentuk. Tujuan pembuatan briket arang adalah untuk menambah jangka waktu bakar dan untuk menghemat biaya. Pada penelitian briket arang sekam padi yang dilakukan terdapat perbedaan dalam pemberian variasi jumlah perekat yang diberikan. Perekat yang digunakan yaitu tepung tapioka dan tepung sagu. Briket yang telah jadi akan di uji dan di analisa menggunakan uji statistik ANOVA dua arah. Dari analisis tersebut akan didapat adanya beda nyata atau tidak antara jenis dan campuran perekat. Sehingga dapat diketahui ada atau tidak ada pengaruh antara dosis, perekat dan interaksi terhadap kadar air, kadar abu, laju pembakaran, suhu pembakaran dan nilai kalor. Briket yang memiliki nilai kadar air terkecil, kadar abu terkecil, laju pembakaran tinggi, kalor tertinggi, dan suhu pembakaran yang tinggi merupakan briket yang baik untuk digunakan.

Variabel perlakuan dalam pembuatan briket ini yaitu pada pemberian dosis dan jenis perekat. Dosis perekat yang digunakan yaitu 10%, 15%, dan 20% dari total jumlah komposisi briket arang sekam padi. Perbandingan dosis perekat dan arang sekam padi yang digunakan antara lain 5 g : 45 g; 7,5 g : 42,5 g; 10 g : 40 g dengan total berat briket sebanyak 50 g persampel. Air yang diberikan pada masing-masing perekat sebanyak 50 ml. Dari hasil penelitian ini didapat variabel pengamatan data kadar air Hasil pengukuran kadar air terkecil dihasilkan oleh perekat tepung sagu kadar 15% dengan nilai sebesar 6,96%, suhu pembakaran tertinggi dihasilkan oleh perekat tepung sagu kadar 10% dengan nilai sebesar

258,08⁰C, laju pembakaran terkecil dihasilkan oleh perekat tepung tapioka kadar 15% dengan nilai sebesar 0,00504 g/s, nilai kalor terbesar dihasilkan oleh perekat tepung sagu kadar 20% dengan nilai sebesar 5726,9 cal/g dan kadar abu terkecil dihasilkan oleh perekat tepung tapioka kadar 10% dengan nilai sebesar 13,90%. Komposisi briket terbaik terdapat pada briket dengan perekat tepung tapioka 15%.



SUMMARY

Effect of Type and Amount of Adhesive Mixture on the Physical Properties of Rice Husk Charcoal Briquettes; Intan Ambarikma Bahtiar, 161710201021; 2020; 40 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, University of Jember.

Living things are very dependent on energy. Based on its availability, energy sources can be divided into 2 namely non-renewable energy sources and renewable energy sources. Non-renewable energy sources are energy sources that cannot be updated and the amount is very limited on earth. While renewable energy sources are energy sources that can be used directly freely and continuously and are unlimited. Biomass is a type of fuel derived from organic matter. Biomass that can be used as an alternative material to replace coal is briquette. Charcoal briquettes are fuels whose processing can come from agricultural waste, one of which is rice husk. The charcoal is mashed first and then molded as needed and uses a mixture of adhesives to make it easy to shape. The purpose of making charcoal briquettes is to increase the burn period and to save costs. In the study of rice husk charcoal briquettes conducted there were differences in the administration of variations in the amount of adhesive given. Adhesives used are tapioca flour and sago flour. finished briquettes will be tested and analyzed using the ANOVA two-way statistical test. From this analysis we will get a real or no difference between the type and mixture of adhesives. So that it can be known whether or not there is an influence between dose, adhesive and interactions on water content, ash content, combustion rate, combustion temperature and heating value. Briquettes that have the smallest moisture content, smallest ash content, high combustion rate, highest heat, and high combustion temperature are good briquettes to use.

The treatment variable in making briquettes is on the dosage and type of adhesive. The adhesive doses used are 10%, 15%, and 20% of the total composition of rice husk charcoal briquettes. Comparison of the dose of adhesive and rice husk charcoal used include 5 g: 45 g; 7.5 g: 42.5 g; 10 g: 40 g with a total weight of briquettes of 50 g of sample. 50 ml of water is given to each adhesive. From the results of this study it was obtained the observation variable water content data The smallest water content measurement results produced by sago flour adhesive 15% content with a value of 6.96%, the highest combustion temperature produced by sago flour adhesive content 10% with a value of 258,080C, the rate of combustion the smallest is produced by tapioca flour adhesive 15% with a value of 0.00504 g / s, the largest calorific value is produced by a 20% sago flour adhesive with a value of 5726.9 cal / g and the smallest ash

content is produced by tapioca flour adhesive 10 % with a value of 13.90%. The best briquette composition is in briquettes with 15% tapioca flour adhesive.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa, karena telah melimpahkan rahmat-Nya berupa kesempatan dan pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Jumlah dan Jenis Campuran Perekat terhadap Sifat Fisik Briket Arang Sekam Padi*” dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini banyak mendapat bantuan, bimbingan, dukungan, dan saran dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini saya akan menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua Bapak Ismanto dan Ibu Subaidah yang telah banyak memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan sampai jenjang Universitas;
2. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah memberikan ilmu, waktu, dan membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;
3. Ir. Tasliman, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, waktu, dan membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;
4. Kakak adikku tercinta Dinar Ambarikma dan Dewa Farhat atas segala doa, semangat dan motivasi dalam kehidupan penulis;
5. Semua sanak saudara yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis;
6. Teman-teman seperjuangan satu bimbingan yaitu Devira, Feramita, dan Dandi, yang telah memberi dukungan serta kerjasama yang baik, sehingga menjadi tim yang solid dan telah memberikan bantuan selama penelitian berlangsung;
7. Teman-teman Teknik Pertanian angkatan 2016 khususnya TEP B yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis;

8. Sahabat-sahabatku Nadillah Nur Yasmin yang telah membantu dalam mengolah data serta Fara, Suci dan Vira yang memberikan semangat dan dukungan kepada penulis selama penelitian berlangsung;
9. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan banyak bantuan berupa tenaga maupun pikiran pada penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan kepada mereka semua. Penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan baik dalam teknis penulisan maupun materi, mengingat kemampuan yang penulis miliki. Sehingga kritik dan saran sangat diharapkan untuk membangun penelitian yang lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biomassa	4
2.2 Biobriket	5
2.3 Arang	7
2.4 Perekat	8
2.5 Sekam Padi	10
2.6 Karbonisasi	11
2.7 Pengujian Briket Arang	12
2.7.1 Kadar Air.....	12
2.7.2 Kadar Abu.....	13
2.7.3 Nilai Kalor.....	13
2.7.4 Laju Pembakaran.....	14
2.7.5 Suhu Pembakaran.....	14
2.8 Anova Dua Arah	15
2.8.1 Simbol dan Perhitungan.....	15
2.8.2 Perhitungan Analisis Ragam.....	16
2.9 Metode Tukey untuk Perbandingan Simultan	17
2.10 Standarisasi Kualitas Briket Arang	18

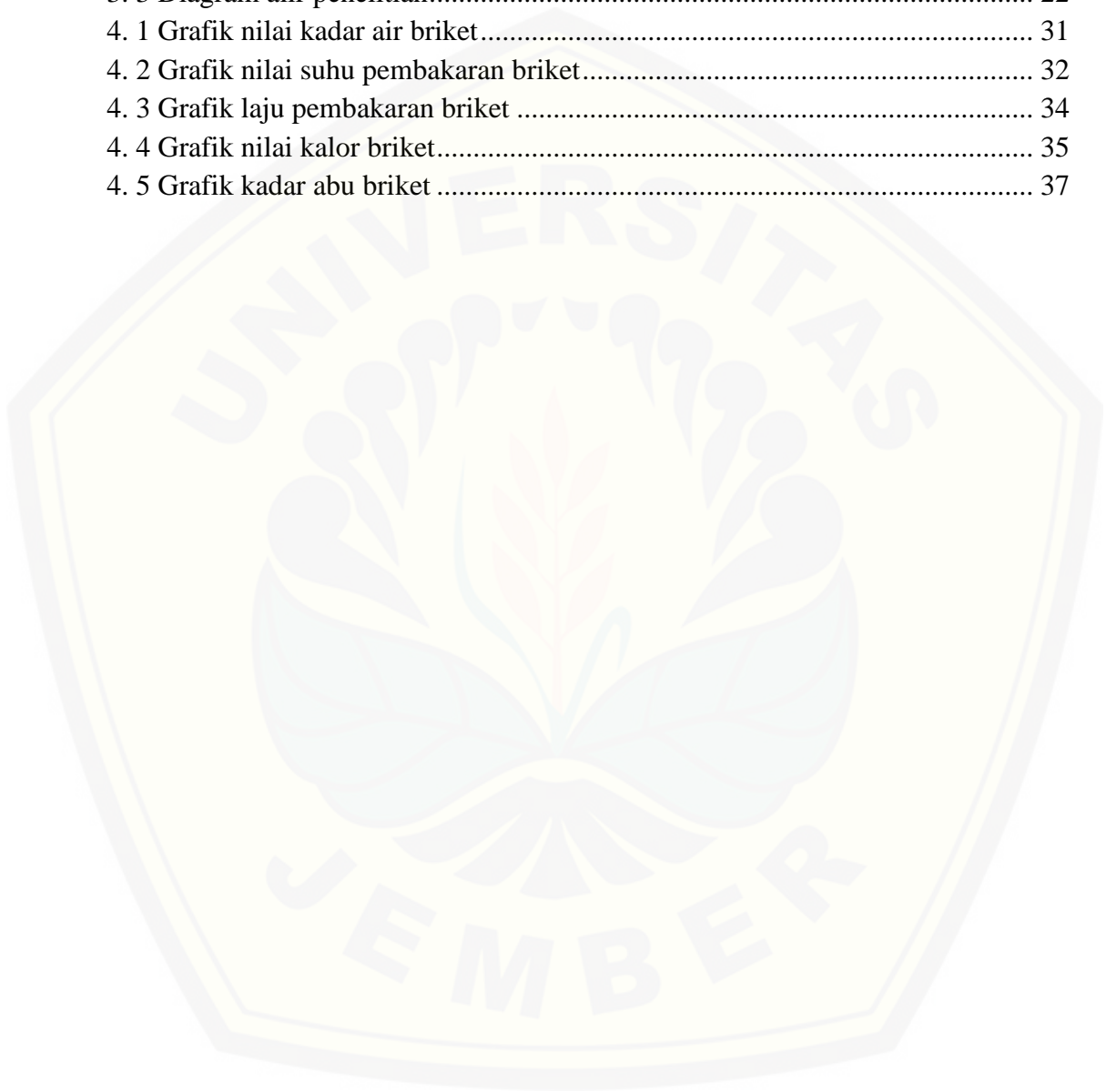
2.11 Penelitian Terdahulu	19
2.11.1 Uji Variasi Kadar Perekat Briket Arang Sekam Padi.....	19
2.11.2 Uji Kualitas Biobriket Campuran Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung dan Sekam Padi dengan Tepung Sagu sebagai Perekat.....	20
BAB 3. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Metode Penelitian	22
3.3.1 Persiapan Bahan Baku.....	23
3.3.2 Proses Karbonisasi.....	23
3.3.3 Proses Pengeringan.....	23
3.3.4 Proses Pengecilan Ukuran dan Pengayakan.....	23
3.3.5 Proses Pembuatan Perekat.....	23
3.3.6 Proses Pencampuran Bahan-Bahan Briket.....	24
3.3.7 Proses Pembuatan Briket.....	24
3.3.8 Metode pengumpulan data.....	25
3.4 Analisis data	27
3.5 Penentuan Komposisi Terbaik	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Analisis Data Statistik	29
4.2 Kadar Air	31
4.3 Suhu Pembakaran Maksimum	32
4.4 Laju Pembakaran	34
4.5 Nilai Kalor	35
4.6 Kadar Abu	36
4.7 Komposisi Briket Terbaik	38
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Komposisi kimiawi sekam	10
2. 2 Tabel analisa ragam anova dua arah dengan interaksi	16
2. 2 Mutu briket berdasarkan Standar Nasional Indonesia	19
3. 1 Komposisi briket	24
4. 1 Analisis uji statistik anova dua arah dari semua perlakuan	29
4. 2 Analisis uji Tukey briket berdasarkan variasi jumlah campuran perekat	30
4. 3 Hasil uji kadar air briket.....	31
4. 4 Hasil uji suhu pembakaran briket.....	33
4. 5 Hasil uji laju pembakaran briket	34
4. 6 Hasil uji kalor briket.....	35
4. 7 Hasil uji kadar abu briket	37

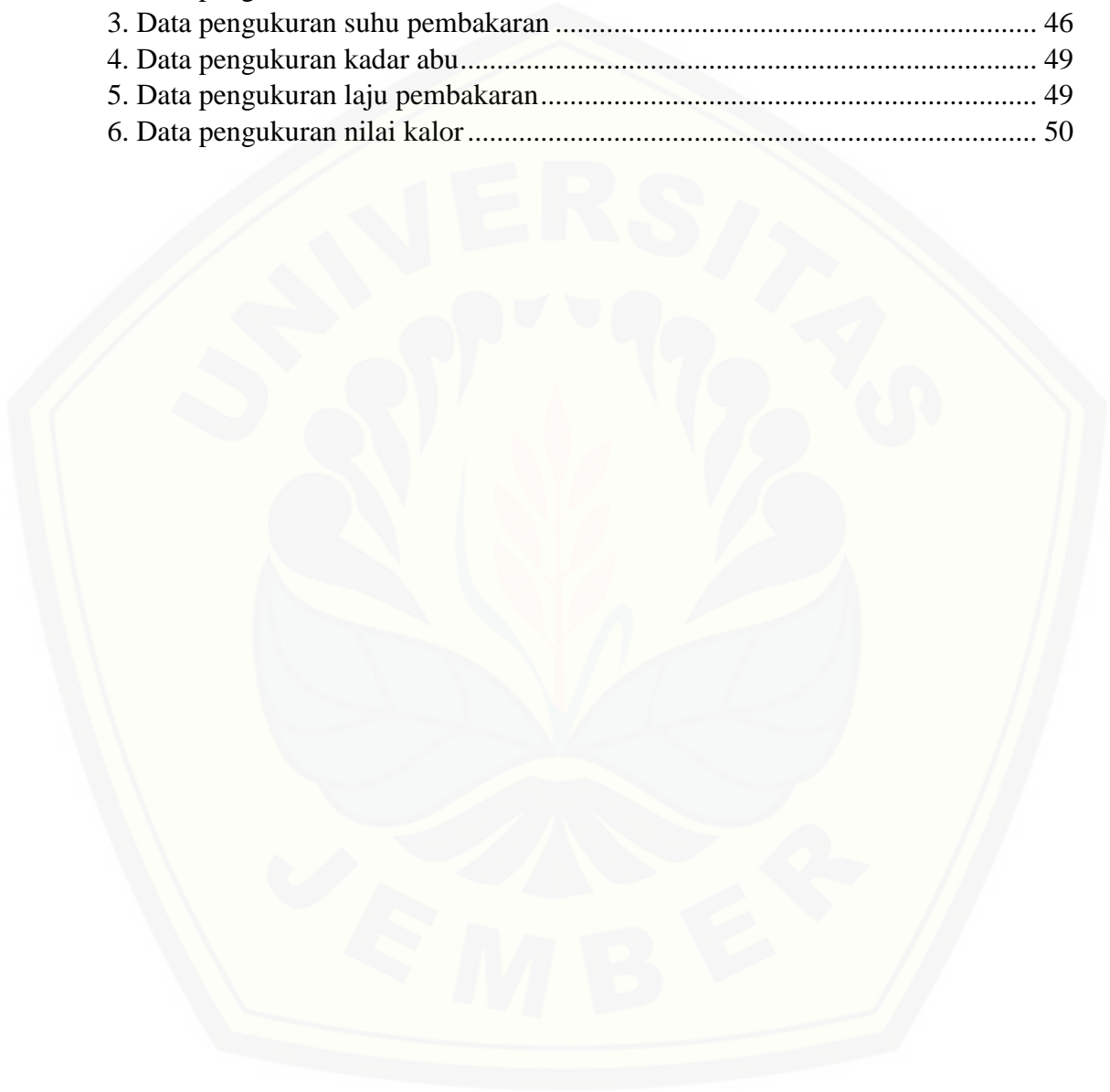
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2. 1 Diagram proses pembuatan biobriket	6
3. 3 Diagram alir penelitian.....	22
4. 1 Grafik nilai kadar air briket.....	31
4. 2 Grafik nilai suhu pembakaran briket.....	32
4. 3 Grafik laju pembakaran briket	34
4. 4 Grafik nilai kalor briket.....	35
4. 5 Grafik kadar abu briket	37



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Dokumentasi penelitian.....	43
2. Data pengukuran kadar air	45
3. Data pengukuran suhu pembakaran	46
4. Data pengukuran kadar abu.....	49
5. Data pengukuran laju pembakaran.....	49
6. Data pengukuran nilai kalor	50



BAB 1. PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Negara Indonesia kaya sumber daya alam minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Bahan sumber daya alam tersebut berasal dari fosil-fosil hewan dan tumbuhan purba yang terpendam beribu-ribu tahun. Sumber daya alam fosil diolah menjadi bahan bakar minyak (BBM). Meningkatnya kebutuhan konsumen menyebabkan cadangan sumber daya alam semakin menipis sehingga tidak dapat diperbaharui dalam waktu relatif singkat dan harga yang tinggi (Qoniah dan Prasetyoko, 2010).

Shafiee dalam Qoniah dan Prasetyoko (2010) menyatakan bahwa hasil perhitungan waktu penghabisan cadangan bahan bakar fosil untuk minyak sekitar 35 tahun, batubara 107 tahun dan gas 37 tahun. Cadangan batubara tersedia sampai sekitar tahun 2112, dan akan menjadi satu-satunya bahan bakar fosil setelah tahun 2042. Hal ini membuktikan minyak akan segera habis dari pada jenis bahan bakar fosil lainnya. Semakin menipisnya cadangan minyak bumi, maka semakin banyak penelitian yang mengembangkan atau mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable energy*).

Salah satu sumber alternatif sebagai solusi menipisnya bahan bakar yaitu biomassa berupa briket. Briket merupakan salah satu bahan bakar yang pembuatannya dapat berasal dari limbah organik sehingga limbah yang awalnya tidak digunakan, kini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif di kehidupan sehari-hari. Limbah pertanian merupakan contoh limbah yang dapat digunakan untuk bahan dasar pembuatan briket, sebagai contoh yaitu sekam padi (Kong, 2010).

Sekam padi merupakan limbah hasil pertanian dari proses penggilingan padi yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Arang sekam padi sebagai hasil samping proses penggilingan mempunyai bobot 20-30% dari total bobot padi. Selain itu, pengarangan sekam padi lebih cepat dan lebih mudah karena jumlah ruang pori pada sekam padi cukup banyak sehingga pertukaran gas yang terjadi di dalam ruang pembakaran lebih leluasa (Kong, 2010).

Perekonomian Kabupaten Bondowoso sebagian besar didominasi oleh struktur ekonomi sektor pertanian dan pedesaan. Penduduk Kabupaten Bondowoso lebih dari 60% berprofesi sebagai petani dan sektor pertanian adalah penyumbang PDRB terbesar dari pada sektor lain, yaitu 33,6% (Dirjenpkh, 2018). Sehingga di daerah Bondowoso memiliki hasil padi yang melimpah begitu pula limbah sekam padi yang dihasilkan. Penggunaan energi terbarukan dari bahan dasar sekam padi merupakan salah satu solusi bagi menipisnya bahan bakar di bumi. Oleh karena itu, untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan penelitian tentang briket arang sekam padi dengan jenis dan komposisi perekat yang tepat. Sehingga dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama sebagai pengganti bahan bakar di bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik briket berdasarkan suhu pembakaran, kadar air, kadar abu, nilai kalor dan laju pembakaran maksimal terhadap briket arang sekam padi dengan penambahan jumlah variasi dan jenis perekat?
2. Komposisi manakah yang terbaik dalam pembuatan briket arang sekam padi dengan penambahan variasi dan dua jenis perekat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini meliputi bahan baku pembuatan briket yang digunakan yaitu arang sekam padi dengan dua faktor perlakuan berupa jenis dan jumlah campuran perekat. Jenis campuran perekat yang digunakan yaitu tepung tapioka dan tepung sagu dengan perbandingan antara lain 10%, 15% dan 20%. Pengukuran dan pengujian yang akan dilakukan hanya pada analisis terhadap suhu pembakaran, kadar air, kadar abu, nilai kalor dan laju pembakaran maksimal. Analisis data yang digunakan dalam pembuatan briket sekam padi menggunakan anova dua arah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik briket berdasarkan suhu pembakaran, kadar air, kadar abu, nilai kalor dan laju pembakaran maksimal terhadap briket arang sekam padi dengan penambahan jumlah variasi dan jenis perekat.
2. Mengetahui briket arang sekam padi yang mempunyai karakteristik terbaik untuk dijadikan bahan bakar.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi IPTEK memberikan informasi bahwa limbah hasil pertanian yang tidak digunakan dapat dimanfaatkan sebagai briket arang.
2. Bagi pemerintah memberikan informasi terkait pemanfaatan limbah sekam padi dapat diolah menjadi energi terbarukan.
3. Bagi masyarakat memberikan informasi dan pemahaman kepada masyarakat bahwa limbah sekam padi dapat dimanfaatkan kembali dan memiliki nilai jual.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Menurut Yokoma dalam Elfiano *et al.* (2008) biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Biomassa disebut juga sebagai “Fitomassa” dan sering diterjemahkan sebagai *bioresuorce* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati.

Sedangkan menurut Setiawan dalam Elfiano *et al.* (2008) menyatakan biomassa sebenarnya dapat digunakan secara langsung tanpa melalui pembuatan arang terlebih dahulu. Namun, pemanfaatan biomassa secara langsung ini kurang efisien. Sebagai contoh, pada penggunaan kayu sebagai bahan bakar, energi yang terpakai kurang dari 10%. Selain itu, pembuatan bioarang dapat meningkatkan energi yang dihasilkan. Sebagai gambaran, energi yang dihasilkan dari pembakaran kayu hanya 3.300 kkal/g, sedangkan energi yang dihasilkan dari pembakaran bioarang dapat mencapai 5.000 kkal/g.

Kegiatan memanfaatkan biomassa juga sering disebut dengan “menanam energi hijau” tanpa membutuhkan modal atau biaya tinggi, tetapi mampu melibatkan banyak tenaga kerja sehingga layak disebut “*pro job action*”. Hasil pembakaran biomassa menghasilkan tingkat polusi yang rendah. adapun dampak pemanfaatan biomassa, antara lain (Kong, 2010:43-44):

1. Udara disekitar proses pembakaran biomassa lebih bersih dibandingkan kualitas udara didekat proses pembakaran BBM fosil. Dengan demikian, masyarakat lebih diuntungkan dalam menghemat biaya perawatan kesehatannya.
2. CO₂ hasil pembakaran biomassa juga dikategorikan sebagai “*carbon neutral*” karena diserap kembali oleh tumbuh-tumbuhan guna menopang tumbuhan lainnya.
3. Penanaman tumbuhan energi dilahan marginal selain meningkatkan pendapatan masyarakat juga dapat mencegah terjadinya erosi.

4. Bila lahan kosong dimanfaatkan untuk tanaman maka dapat mencegah terjadinya banjir.

Pada pemanfaatan optimal biomassa juga harus diketahui keunggulan maupun kekurangannya sehingga dapat diketahui karakteristik biomassa agar dapat menghasilkan biomassa yang sesuai dan dapat digunakan sebagai bahan bakar. Adapun keunggulan biomassa antara lain (Kong, 2010:49-50):

1. Terdapat disemua tempat
2. Dapat mengurangi limbah perkotaan, pertanian maupun industry
3. Bahan bakar selalu tersedia apabila dimanfaatkan dengan benar
4. Pembakaran biomassa dapat mengurangi emisi gas sulfur NO_x dan CO_2

Sedangkan adapun kelemahan biomassa sebagai sumber energi terbarukan, antara lain (Kong, 2010:50):

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

2.2 Biobriket

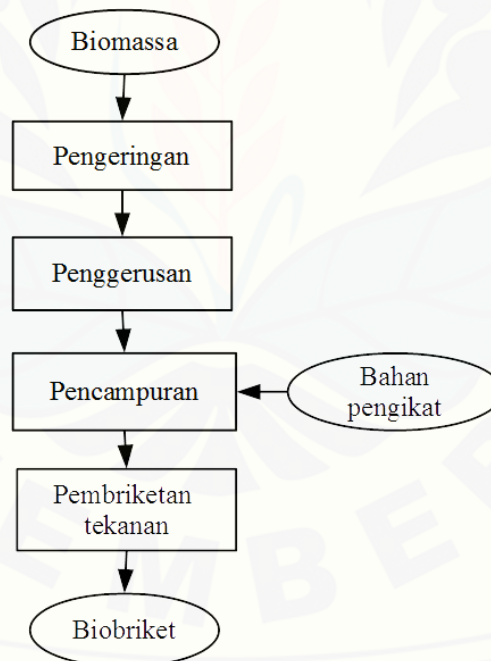
Biobriket pada dasarnya adalah “kumpulan” sisa-sisa tanaman yang inti sarinya telah diolah terlebih dahulu guna diproses menjadi produk-produk *biofuel* bernilai ekonomi tinggi seperti bioethanol/biodiesel. Biobriket juga merupakan sisa-sisa pengolahan lahan pertanian atau kehutanan yang masih memiliki nilai kalor dalam jumlah cukup (Kong, 2010:33).

Walaupun briket diproduksi dari sisa-sisa pengolahan tanaman atau daun-daun kering yang terjatuh dari pohon, bila diolah dengan sekam padi biobriket akan mampu menghasilkan kalori sebesar 5.000 kcal/kg yang juga dapat digunakan untuk substitusi batu bara dalam proses pembakaran, baik di tungku-tungku pabrik semen maupun ruang bakar katel uap guna menghasilkan uap pada pembangkit daya (Kong, 2010:35).

Menurut Setiawan dalam Elfiano *et al.* (2008) menyatakan briket bioarang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan arang biasa (konvensional) antara lain:

1. Bioarang menghasilkan panas pembakaran yang lebih tinggi.
2. Asap yang dihasilkannya lebih sedikit.
3. Bentuk dan ukuran bioarang seragam karena dibuat dengan alat pencetak.
4. Bioarang dapat tampil lebih menarik karena bentuk dan ukurannya dapat disesuaikan keinginan pembuat.
5. Proses pembuatannya menggunakan bahan baku yang tidak menimbulkan masalah lingkungan.

Secara prinsip pembuatan biobriket melalui 4 tahap, yaitu pengeringan, penggerusan, pencampuran, dan pembentukan menjadi biobriket. Gambar 2.1 merupakan diagram proses pembuatan biobriket (Kong, 2010:34).



Gambar 2.1 Diagram proses pembuatan biobriket

Menurut Putra (dalam Iriany *et al.*, 2016), walaupun briket bioarang memiliki banyak kelebihan, namun juga ada kekurangannya, diantaranya:

1. Briket bioarang sulit dibakar langsung dengan korek api. Oleh karena itu untuk menyalakannya perlu ditetesi minyak tanah atau spiritus pada bagian pinggirnya agar dapat menyala dan akhirnya membara.

2. Biaya pembuatannya lebih mahal dibandingkan dengan pembuatan arang biasa. Akan tetapi biaya tersebut akan kembali apabila diproduksi secara besar-besaran kemudian dipasarkan.

2.3 Arang

Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen *volatile* dari hewan atau tumbuhan. Arang biasanya didapat dengan memanaskan kayu, gula, tulang dan benda lain. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batu bara tersebut memiliki kandungan karbon 98%, sisanya adalah abu atau benda kimia lain (Koto, 2019).

Proses pembuatan arang sesungguhnya dapat menghasilkan berbagai arang yang mempunyai kegunaan berbeda-beda misalnya arang biasa hasil dari pembakaran hanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan panas. Sedangkan arang dengan melalui proses pengaktifan fungsinya dapat digunakan untuk kesehatan, pertanian, kecantikan, elektronik, dan lain-lain. Indonesia telah lama diketahui sebagai produsen arang ekspor di pasar dunia, tercatat Indonesia termasuk nomor satu dari lima Negara pengekspor arang terbesar di dunia yaitu China, Malaysia, Afrika Selatan dan Argentina. Tercatat tahun 2000, Indonesia mengekspor arang sebanyak 29.867.000 kg yang terdiri dari arang tempurung kelapa (15,96%), arang mangrove (22,31%) dan arang kayu (61,73%). Adapun jenis-jenis arang, antara lain arang kayu, arang serbuk gergaji, arang sekam padi, arang tempurung kelapa, arang serasah dan briket arang (Koto, 2019):

1. Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu paling banyak digunakan untuk keperluan memasak. Sedangkan fungsi lain dari arang kayu seperti penjernih air dan penggunaan dalam bidang kesehatan.
2. Arang serbuk gergaji adalah arang yang terbuat dari serbuk gergaji yang dibakar. Selain untuk bahan bakar, arang serbuk gergaji biasanya

dimanfaatkan untuk campuran pupuk dan dapat diolah menjadi briket arang.

3. Arang sekam padi biasa digunakan sebagai pupuk dan bahan baku briket arang. Arang sekam padi dapat digunakan untuk campuran pupuk dan media tanam di persemaian. Hal ini karena sekam padi memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan air sebagai cadangan makanan.
4. Arang tempurung kelapa pemanfaatannya cukup strategis yang dapat digunakan sebagai sektor usaha. Tempurung kelapa yang akan dijadikan arang merupakan tempurung kelapa yang berasal dari kelapa tua, karena lebih padat dan kandungan air lebih sedikit dibandingkan dari kelapa muda.
5. Arang serasah merupakan arang yang berasal dari sampah dedaunan yang sudah kering. Arang serasah juga dapat dijadikan sebagai briket arang.
6. Briket arang adalah bahan bakar yang pengolahannya dapat berasal dari berbagai jenis arang yang telah disebutkan diatas. Arang tersebut dihaluskan terlebih dahulu kemudian dicetak sesuai dengan kebutuhan dan menggunakan campuran perekat agar mudah dibentuk. Tujuan pembuatan briket arang adalah untuk menambah jangka waktu bakar dan untuk menambah nilai jual arang.

2.4 Perekat

Perekat berperan penting dalam pembuatan briket. Tanpa perekat briket tidak akan bisa dibuat. Perekat yang umumnya digunakan dalam pembuatan biobriket adalah pati karena harganya murah, banyak tersedia, dan cara pemakaiannya sederhana. Pati dikenal sebagai perekat dari tumbuh-tumbuhan yang bisa diekstrak seperti ketela pohon, jagung, kentang, dan sumber pati lainnya. Perekat yang biasa digunakan untuk membuat briket dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis yaitu perekat organik dan perekat anorganik (Putra dalam Iriany *et al.*, 2016).

1. Perikat organik, merupakan perikat yang efektif, tidak terlalu mahal, dan menghasilkan abu yang relatif sedikit. Contoh perikat organik adalah tepung tapioka dan tar.
2. Perikat anorganik, merupakan perikat yang dapat menjaga ketahanan briket dalam proses pembakaran, sehingga briket menjadi tahan lama. Selain itu, perikat ini juga memiliki daya lekat yang kuat dibandingkan perikat organik, akan tetapi biaya yang dikeluarkan lebih tinggi dan menghasilkan abu yang lebih banyak dibandingkan perikat organik. Perikat pabrik seperti lem yang tersedia di pasaran merupakan salah satu perikat anorganik.

Tepung tapioka merupakan salah satu contoh perikat organik yang dibuat dari hasil penggilingan ubi kayu kemudian dibuang ampasnya. Ubi kayu tergolong polisakarida yang mengandung pati dengan amilosa 17% dan amilopektin 83%, sedangkan buah-buahan termasuk polisakarida yang mengandung selulosa dan pektin (Winarno, 2004). Sedangkan tepung sagu merupakan salah satu sumber karbohidrat memiliki peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang industri pengolahan. Komponen yang paling dominan dalam sagu adalah pati. Pati adalah karbohidrat yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk persediaan bahan makanan. Pati sagu mengandung amilosa sebesar 28% dan amilopektin 74%. Adapun salah satu sifat pati sagu yang tidak dimiliki oleh pati lainnya adalah daya tahan yang lebih lama. Pada penyimpanan kondisi basah, pati sagu dapat bertahan selama 1-2 bulan (Putra, 2005).

Pati merupakan polisakarida yang unit komponennya adalah D-glukosa. Pati dapat larut dalam air panas karena terdapat kandungan amilosa dan sebagian lagi tidak dapat larut karena terdapat kandungan amilopektin. Amilosa dan amilopektin merupakan komponen utama penyusun pati (Koto, 2019). Hal ini seperti yang dinyatakan Baik *et al.*, (2003), bahwa semakin tinggi kadar amilosa, produk memiliki tekstur yang semakin padat. Hal ini disebabkan semakin tinggi kadar amilosa, kapasitas penyerapan air dan elastisitas semakin menurun sehingga kekerasan semakin meningkat. Pemberian komposisi perikat yang tepat akan menghasilkan tekstur briket yang baik.

2.5 Sekam Padi

Menurut Nugraha (dalam Soelaiman, 2013) sekam padi merupakan lapisan keras yang menutupi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang saling bertautan yang disebut *lemmadan palea*. Berbeda dengan dedak atau bekatul yang masih mempunyai nilai ekonomis dan umumnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau ikan, sekam dianggap sebagai limbah penggilingan padi. Sekam dihasilkan dari sekitar 16%-26% padi dari proses penggilingan bergantung pada model atau tipe penggilingan padi yang digunakan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Sekam padi sebagian besar terdiri dari serat kasar yang berguna menutupi kariopsis. Sebagian besar sekam padi terdiri dari selulosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar yang merata dan stabil.

Menurut Nugraha (dalam Soelaiman, 2013), abu sekam padi mengandung *silica* (Si) yang dikenal dengan *silica dioxide* dalam keadaan oksidanya. Penggunaan *silica* dalam dunia konstruksi khususnya teknologi beton sudah mulai dipakai sebagai bahan tambah. *Silica* dari abu sekam padi ini memiliki kualitas yang tidak kalah dengan *silica fume* yang harganya cukup tinggi. Pertumbuhan tanaman padi yang tidak stabil akan mempengaruhi prospek usaha untuk pengembangan *silica* dari abu sekam padi. Adapun kandungan kimiawi pada sekam padi yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi kimiawi sekam

Komponen	Presentase (%)
Menurut Suharno (1929)	
Kadar Air	9,02
Abu	17,71
Karbohidrat kasar	33,71
Menurut DTC IPB	
Karbon (zat arang)	1,33
Hidrogen	1,54
Oksigen	33,64
Silika (S ₂ O ₂)	16,98

Sumber: Nugraha dan Rahmat (dalam Soelaiman, 2013)

2.6 Karbonisasi

Menurut Widowati (dalam Suryani *et al.*, 2012) karbonisasi merupakan salah satu tahap penting dalam pembuatan briket arang. Pada umumnya proses ini dilakukan pada temperatur 500-800⁰C, kandungan zat yang mudah menguap akan hilang sehingga akan terbentuk struktur pori awal.

Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH₄ dan H₂ yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi. Proses karbonisasi dapat dibagi menjadi empat tahap sebagai berikut (Suryani *et al.*, 2012):

1. Penguapan air, kemudian penguraian selulosa menjadi distilat yang sebagian besar mengandung asam-asam dan methanol.
2. Penguraian selulosa secara intensif hingga menghasilkan gas serta sedikit air.
3. Penguraian senyawa lignin menghasilkan lebih banyak tar yang akan bertambah jumlahnya pada waktu yang lama dan suhu tinggi.
4. Pembentukan gas *hydrogen* merupakan proses pemurnian arang yang terbentuk.

Menurut Prabowo (2018), adapun manfaat karbonisasi untuk biomassa antara lain:

1. Mengecilkan ukuran dan memudahkan penanganan dan penyimpanan biomassa.
2. Menyerap air yang lebih sedikit selama penyimpanan.
3. Meningkatkan efisiensi gasifikasi biomassa tersebut sehingga bahan bakar biomassa yang lebih bersih dengan kandungan asam yang lebih rendah pada asap pembakarannya. Sehingga sangat cocok untuk kompor biomassa.
4. Dapat dibuat pelet biomassa dengan kualitas dan kadar energi volumetris yang tinggi.

2.7 Pengujian Briket Arang

Pengujian briket arang sekam padi dilakukan dengan menguji lima parameter antara lain kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran dan suhu pembakaran.

2.7.1 Kadar Air

Pengurangan berat briket setelah dipanaskan merupakan *free moisture* dari briket tersebut. *Free moisture* dapat hilang dengan penguapan misalnya dengan cara pengeringan briket. Air yang terkandung dalam bahan bakar padat terdiri dari (Thoha dan Fajrin, 2010):

1. Kandungan air internal atau air kristal, yaitu air yang terikat secara kimiawi.
2. Kandungan air eksternal atau air mekanikal, yaitu air yang menempel pada permukaan bahan dan terikat secara fisis atau mekanis.

Selain itu, air yang terkandung dalam bahan bakar menyebabkan penurunan mutu bahan bakar karena dapat menurunkan nilai kalor dan memerlukan sejumlah kalor untuk penguapan, menurunkan titik nyala, memperlambat proses pembakaran dan menambah volume gas buang (Thoha dan Fajrin, 2010).

Menurut Syarif dan Halid dalam Ahmad (2014) menyatakan bahwa kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100%.

Kadar air mempengaruhi mudah tidaknya arang terbakar. Semakin tinggi kadar air semakin sulit briket bioarang untuk terbakar, begitu juga sebaliknya. Selain mempengaruhi sifat kemudahan dibakar, kadar air juga mempengaruhi kekerasan arang briket. Semakin tinggi kadar air, arang briket semakin rapuh (Siregar dan Zurairah, 2019). Kadar air dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini sesuai dengan SNI 01-6235-2000:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{\text{bobot sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan: a = massa cawan + sampel sebelum dioven (g)

b = massa cawan + sampel setelah dioven (g)

2.7.2 Kadar Abu

Abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tak dapat terbakar yang tertinggal setelah proses pembakaran dan perubahan-perubahan atau reaksi-reaksi yang menyertainya selesai. Abu berperan menurunkan mutu bahan bakar karena menurunkan nilai kalor. Semua briket mempunyai kandungan zat anorganik yang dapat ditentukan jumlahnya sebagai berat yang tinggal apabila briket dibakar secara sempurna. Zat yang tinggal ini disebut abu. Abu briket berasal dari *clay*, pasir dan bermacam-macam zat mineral lainnya. Briket dengan kandungan abu yang tinggi sangat tidak menguntungkan karena akan membentuk kerak. Di dalam dapur atau dalam generator gas, abu dapat meleleh pada suhu tinggi, menghasilkan massa yang disebut “slag” (Thoha dan Fajrin, 2010).

Kadar abu diharapkan serendah mungkin, karena kadar abu yang tinggi akan menghasilkan kalor yang rendah dan dapat memperlambat proses pembakaran (Siregar dan Zurairah, 2019). Kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan rumus SNI 01-6235-2000 sebagai berikut:

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

Keterangan: A = massa abu briket (g)

B = massa awal briket (g)

2.7.3 Nilai Kalor

Hamdi (2016) menyatakan bahwa kalor merupakan salah satu bentuk energi yang dapat mengakibatkan perubahan suhu maupun perubahan wujud zat. Energi kalor juga dapat dihasilkan dari energi kinetik benda-benda yang bergesekan. Energi kalor biasanya merupakan hasil sampingan dari perubahan bentuk energi lainnya. Energi kalor dapat diperoleh dari energi kimia, misalnya pembakaran bahan bakar (Hamdi, 2016:82).

Silitonga dan Ibrahim (2020) menjelaskan bahwa nilai kalor merupakan jumlah satuan panas yang dihasilkan persatuan bobot dari proses pembakaran dengan oksigen dari suatu bahan yang mudah terbakar. Semakin tinggi nilai kalor

maka bagus kualitas briket. Nilai kalor ditentukan oleh kandungan karbon di dalam briket. Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat *bomb calorimeter*.

2.7.4 Laju Pembakaran

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain (Almu *et al.*, 2014):

1. Ukuran partikel. Partikel yang lebih kecil ukuranya akan cepat terbakar.
2. Kecepatan aliran udara. Laju pembakaran briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.
3. Jenis bahan bakar. Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.
4. Temperatur udara pembakaran. Kenaikan temperatur pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran. Sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat.

Pengujian laju pembakaran adalah proses pengujian dengan cara membakar briket untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa briket yang terbakar. Lamanya waktu penyalaan dihitung menggunakan *stopwatch* dan massa briket ditimbang dengan timbangan digital. Persamaan yang digunakan antara lain (Almu *et al.*, 2014):

$$\text{Laju pembakaran (g/m)} = \frac{b}{a} \dots \dots \dots (2.3)$$

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

b = berat briket yang dibakar (g)

2.7.5 Suhu Pembakaran

Suhu atau temperatur adalah ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu benda. Suhu sebanding dengan ukuran energi kinetik molekuler internal rata-rata yang dimiliki sebuah benda. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer (Putri, 2014).

Proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dengan gas oksigen yang berlangsung pada kondisi tertentu meliputi, suhu mencapai pada titik bakar dari bahan yang dibakar, tersedianya gas oksigen yang cukup

memadai dan terjadinya kontak antara bahan yang dibakar dengan oksigen. Apabila syarat-syarat itu terpenuhi maka proses pembakaran akan banyak mengandung gas CO dan partikel-partikel karbon yang nampak sebagai jelaga (Prayitno dan Sukorsrono, 2007).

Suhu pembakaran adalah tingkat atau derajat panas selama proses pembakaran dalam tungku ruang bakar. Hasil pembakaran merupakan nilai setelah diketahui jumlah udara yang diperlukan, kemudian perlu diperhitungkan pula jumlah gas yang dihasilkan selama pembakaran. Gas yang dihasilkan pada umumnya dinyatakan sebagai karbon dioksida, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Panas pembakaran adalah panas yang dihasilkan oleh pembakaran 1 lb bahan bakar selama satu jam dalam juta Btu/jam (Prayitno dan Sukorsrono, 2007).

2.8 Anova Dua Arah

Analisis data merupakan salah satu proses penelitian yang dilakukan setelah semua data yang diperlukan guna memecahkan permasalahan yang diteliti sudah diperoleh secara lengkap. Ketajaman dan ketepatan dalam penggunaan alat analisis sangat menentukan keakuratan pengambilan kesimpulan (Muhson, Tanpa tahun).

Secara garis besarnya, teknik analisis data terbagi ke dalam dua bagian, yakni analisis kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif yang biasa digunakan adalah analisis statistik. ANOVA (*analysis of variance*). Analisis ragam (*analysis of variance*) atau sidik ragam merupakan metode yang digunakan untuk menguraikan keragaman total data, menjadi komponen-komponen sumber keragaman. Hasil-hasil analisis ragam memberikan satu acuan untuk memilih yang terbaik di antara beberapa pilihan. Memilih yang terbaik dari beberapa metoda, materi, perlakuan berdasarkan satu atau beberapa kriteria. Analisa ragam mencakup klasifikasi satu arah, klasifikasi dua arah dan klasifikasi dua arah dengan interaksi. Pada penelitian ini menggunakan klasifikasi dua arah dengan interaksi (Lungan, 2006)

Klasifikasi dua arah dengan interaksi mencakup uji hipotesa tentang pengaruh baris, kolom dan interaksi antara baris dan kolom. Jika c adalah banyaknya perlakuan menurut kolom dan r adalah banyaknya perlakuan menurut baris, maka banyaknya interaksi adalah rc . Urutan perhitungan data klasifikasi dua arah adalah sebagai berikut (Lungan, 2006).

2.8.1 Simbol dan Perhitungan

Berikut merupakan simbol dalam menghitung ANOVA (*analysis of variance*) (Lungan, 2006):

1. X_{ijk} = nilai pengamatan ke- k dalam sel ke- ij
2. T_{ij} = jumlah pengamatan dalam sel ke- ij
3. X_{ij} = rata-rata pengamatan dalam baris ke- i
4. T_i = jumlah pengamatan dalam baris ke- i
5. X_i = rata-rata baris ke- i
6. T_j = jumlah kolom ke- j
7. T_i = rata-rata baris ke- j
8. $T \dots$ = jumlah keseluruhan pengamatan
9. $X = T/rcn$ (rata-rata keseluruhan)

2.8.2 Perhitungan untuk analisis ragam

1. Jumlah kuadrat total keragaman (JKT). Rumus untuk menghitung JKT antara lain:

$$JKT = \sum (X_{ijk})^2 - (T^2 / rcn) \dots \dots \dots (2.4)$$

2. Jumlah kuadrat keragaman bagi rata-rata baris (JKB). Rumus untuk menghitung JKB antara lain:

$$JKB = (T^2 / rcn) - \text{Jumlah } T_i^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

3. Jumlah kuadrat keragaman bagi rata-rata kolom (JKK). Rumus untuk menghitung JKK antara lain:

$$JKK = (T^2 / rcn) - \text{Jumlah } T_j^2 \dots \dots \dots (2.6)$$

4. Jumlah kuadrat keragaman bagi rata-rata interaksi (JKI). Rumus untuk menghitung JKI antara lain:

$$JKI = (T^2 / rcn) - \text{Jumlah } T_i^2 - \text{Jumlah } T_j^2 + T^2/n \dots \dots \dots (2.7)$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG). Rumus untuk menghitung JKG antara lain:

$$JKG = JKT - JKB - JKK - JKI \dots\dots\dots (2.8)$$

Berikut merupakan tabel analisa ragam anova dua arah dengan interaksi yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Lungan, 2006):

Tabel 2.2 Tabel analisa ragam anova dua arah dengan interaksi

Sumber Variasi	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung
Perekat	Db baris	JKB	$JKB/(r-1)$	$JKB/(r-1) / JKG/(r*c(n-1))$
Dosis	Db kolom	JKK	$JKK/(c-1)$	$JKK/(c-1) / JKG/(r*c(n-1))$
	Db			$JKI/(r-1)*(c-1) /$
Interaksi	interaksi	JKI	$JKI/(r-1)*(c-1)$	$JKG/(r*c(n-1))$
Galat	Db galat	JKG	$JKG/(r*c(n-1))$	
Total	Db total	JKT		

2.9 Metode Tukey untuk Perbandingan Simultan

Apabila kita menerima sebuah hipotesa yang menyatakan bahwa rata-rata populasi berbeda nyata, maka langkah selanjutnya adalah menentukan secara khusus tentang rata-rata dari populasi yang berbeda tersebut. Untuk menentukan hal mana yang berbeda, ada beberapa metode yang dapat digunakan salah satunya yaitu metode uji Tukey. Metode ini biasa digunakan untuk menelusuri dan mengambil keputusan tentang beda dari dua rata-rata, uji hipotesa dan selang kepercayaan, baik yang menyangkut klasifikasi satu arah maupun dua arah. Metode uji tukey pada klasifikasi satu arah dan dua arah hanya berbeda pada besaran rentang kritis. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan uji tukey pada anova dua arah, antara lain (Lungan, 2006):

1. Hipotesa.

$F_{hitung} > F_{tabel} = H_0$ ditolak, maka terdapat pengaruh yang signifikan antara satu variabel independen terhadap variabel dependen.

$F_{hitung} < F_{tabel} = H_0$ diterima, maka tidak ada pengaruh yang signifikan antara satu variabel independen terhadap variabel dependen.

2. Perhitungan. Dalam pengujian digunakan besaran rentang kritis.

Rentang kritis menurut baris adalah:

$$T_B = Q_{\alpha(r,rc(n-1))} \sqrt{\frac{s^2}{cn}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Rentang kritis menurut kolom adalah:

$$T_K = Q_{\alpha(r,rc(n-1))} \sqrt{\frac{s^2}{rn}} \dots\dots\dots (2.11)$$

3. Inferensia

Inferensia menurut baris

Hipotesa:

$$|X_i - X_i'| \leq T_B \rightarrow \mu_i \text{ dan } \mu_i' \text{ tidak berbeda nyata}$$

$$|X_i - X_i'| > T_B \rightarrow \mu_i \text{ dan } \mu_i' \text{ tidak berbeda nyata}$$

Inferensia menurut kolom

Hipotesa:

$$|X_j - X_j'| \leq T_B \rightarrow \mu_i \text{ dan } \mu_i' \text{ tidak berbeda nyata}$$

$$|X_j - X_j'| > T_B \rightarrow \mu_i \text{ dan } \mu_i' \text{ berbeda nyata}$$

2.10 Standarisasi Kualitas Briket Arang

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan briket dapat mempengaruhi kualitas dari briket tersebut karena semakin kering bahan yang digunakan, maka kadar air yang terkandung dalam briket akan kecil sehingga akan mampu memberikan nilai kalor yang tinggi (Sulistiyanto, 2006). Bahan tambahan yang digunakan untuk pembuatan briket, juga berperan dalam menentukan kualitas dari pembakaran briket tersebut. Kerapatan briket juga dapat mempengaruhi hasil dari briket yang dibuat. Kerapatan merupakan perbandingan antara berat dengan volume, bentuk struktur dari arang yang digunakan mempengaruhi kerapatan dari briket itu sendiri. Semakin halus arang yang digunakan, maka nilai kerapatannya akan tinggi karena ikatan-ikatan antar partikelnya semakin baik. Kerapatan yang semakin tinggi, akan menyebabkan berkurangnya rongga udara yang ada dalam briket, sehingga briket mampu menghasilkan hasil bakar yang maksimal dan memiliki daya tahan terhadap tekanan yang semakin baik pula (Syamsiro, 2008).

Pada umumnya, untuk mengetahui kualitas dari briket arang dapat dilihat dari sifat-sifat fisik yang dimilikinya. Sebuah briket arang dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik apabila memiliki sifat fisik seperti, memiliki permukaannya halus dan rata, briket tersebut tidak meninggalkan bekas hitam ditangan bila digenggam, mudah dinyalakan, tidak mengeluarkan asap bila dibakar, emisi gas hasil pembakaran yang dihasilkan tidak mengandung racun, memiliki sifat kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama, serta tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya (Himawanto, 2003).

Selain itu, digunakan pula standar-standar kualitas mutu untuk mengetahui kualitas dari sebuah briket arang. Di setiap negara-negara yang memproduksi briket biasanya memiliki standarisasi dalam menentukan kualitas dari briket yang telah diproduksi. Hal-hal yang menjadi acuan dari penentuan standar kualitas briket tersebut biasanya meliputi nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, daya tahan tekanan, dan kerapatan briket. Di Indonesia, briket arang daun dan rerumputan belum memiliki standar yang bertaraf nasional maupun internasional. Tetapi briket arang kayu untuk bahan baku kayu, kulit keras dan batok kelapa telah memiliki standar yaitu SNI (Standar Nasional Indonesia) dengan nomor SNI 01-6235-2000 dengan syarat mutu yang dapat dilihat di Tabel 2.3 (Puspa, 2014).

Tabel 2.3 Mutu briket berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

Parameter	Standart Mutu Briket Arang Kayu (SNI No. 01-6235-2000)
Kadar Air (%)	≤ 8
Kadar Abu (%)	≤ 8
Zat menguap	≤ 15
Nilai Kalor (kal/g)	≥ 5000

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2000

2.11 Penelitian Terdahulu

Hasil analisis penelitian dari Ryan (2015) menggunakan bahan baku sekam padi dan menggunakan tepung tapioka sebagai perekat. Bentuk briket yang dihasilkan berupa silinder. Terdapat empat perlakuan pencampuran perekat pada briket yaitu sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dengan berat total bahan masing-masing sebesar 100 gram. Sebelum proses pencetakan, arang sekam padi dan perekat tepung tapioka diayak dengan ayakan sebesar 50 mesh. Pengempaan pada saat proses pencetakan briket sebesar 25,49 kg/cm². Pengujian briket yang dilakukan meliputi pengamatan kadar air briket, suhu briket, laju pembakaran dan jumlah energi yang dihasilkan dari pembakaran briket arang sekam padi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap perlakuan, kualitas briket terbaik didapat oleh briket dengan perekat 15% karena mampu menghasilkan kalor tertinggi dengan nilai 188 kJ dengan suhu maksimal sebesar 202,33⁰C.

Hasil analisis penelitian dari Muhlis *et al.* (2019) bentuk briket yang dihasilkan berupa kubus. Sebelum proses pencetakan, arang sekam padi dan perekat tepung tapioka diayak dengan ayakan sebesar 40 mesh. Terdapat empat perlakuan pada saat proses pengempaan briket yaitu masing-masing sebesar 7,65 kg/cm²; 9,57 kg/cm²; 8,81 kg/cm² dan 9,82 kg/cm² dengan berat total bahan masing-masing sebesar 30 gram. Pengujian uji kualitas briket yang dilakukan meliputi pengamatan uji kuat tekan, kadar air, kadar abu, nilai kalor dan lama pembakaran. Berdasarkan uji tersebut disimpulkan bahwa kualitas biobriket yang dihasilkan dari campuran tempurung kelapa, tongkol jagung, dan sekam padi dapat dikategorikan baik. Hal ini dinyatakan karena sampel-sampel tersebut telah memenuhi standar SNI, kecuali pada pengujian kuat tekan yang tidak memenuhi standar SNI. Selain itu, pembakaran paling lama yakni 152 menit.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian briket arang sekam padi dengan variasi dan jenis campuran perekat dilaksanakan pada bulan November 2019 sampai dengan bulan Januari 2020 di Laboratorium Instrumentasi Pertanian, Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

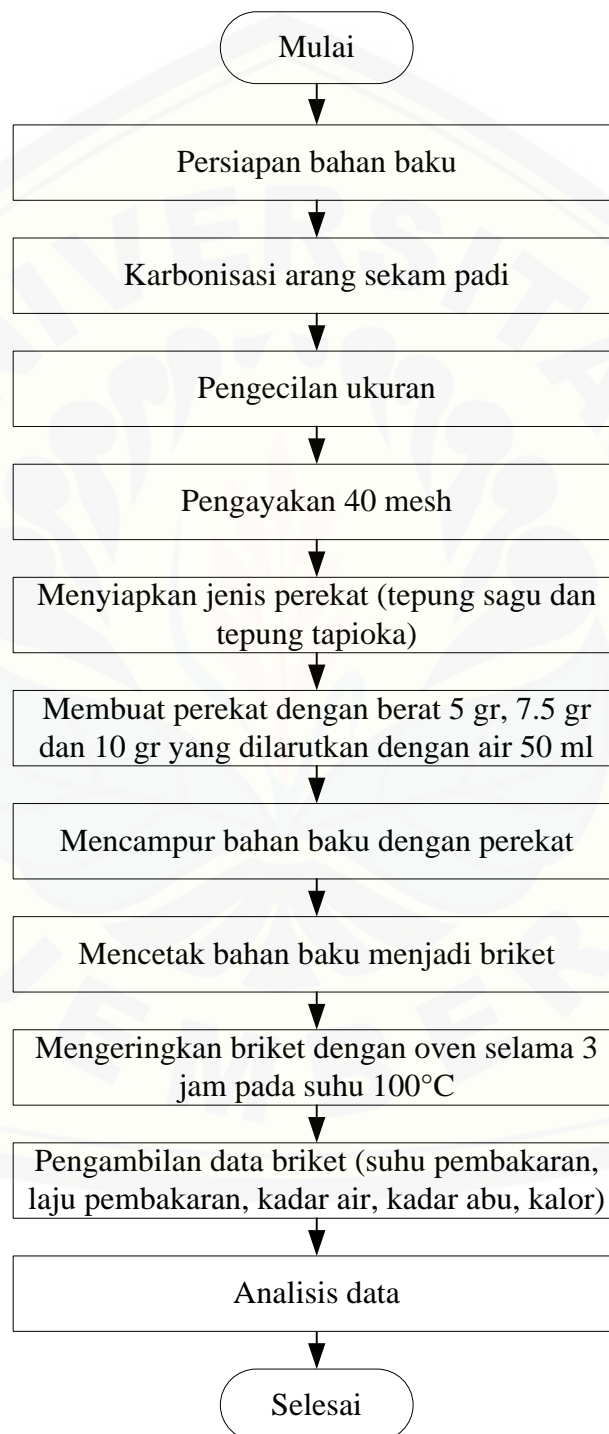
1. Alat pengempa sebagai pencetak briket.
2. Timbangan sebagai alat penimbang bahan.
3. Termometer digital sebagai alat pengukur suhu api briket.
4. Gelas ukur 1000 ml sebagai alat pengukur air yang dicampurkan pada adonan briket.
5. Oven digunakan untuk pengering briket dan kadar air briket.
6. Stopwatch digunakan untuk pengukur laju pembakaran.
7. Ayakan 40 mesh digunakan untuk penyaring bahan.
8. Kawat jaring dan korek api digunakan untuk pembakaran sekam padi.
9. Kompor gas digunakan untuk penyalaan briket dan pembuatan perekat.
10. *Bomb calorimeter* diperlukan untuk pengukur nilai kalor.
11. Desikator diperlukan untuk pengujian nilai kalor.
12. Penumbuk diperlukan untuk penghalus arang sekam.
13. Laptop diperlukan untuk pengolahan data

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Sekam padi sebagai bahan utama
2. Tepung sagu dan tepung tapioka dimanfaatkan sebagai bahan perekat
3. Air digunakan untuk campuran perekat
4. Kertas digunakan untuk bahan pada proses karbonisasi

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini digunakan untuk menghasilkan sebuah briket dengan komposisi yang benar. Diagram alir penelitian briket arang sekam padi dijelaskan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Penelitian ini meliputi sepuluh tahapan yaitu persiapan bahan baku, proses pengeringan, proses karbonisasi, pengecilan ukuran dan pengayakan, pembuatan perekat, pencampuran bahan, pencetakan briket, analisis data dan penentuan komposisi terbaik.

3.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang dibutuhkan untuk pembuatan briket yaitu sekam padi 13 kg, bahan perekat dari tepung tapioka dan tepung sagu masing-masing sebanyak 1 kg. Bahan baku limbah sekam padi juga dapat diperoleh dari tempat penggilingan padi dan bahan perekat diperoleh dari toko sembako terdekat.

3.3.2 Proses Karbonisasi

Proses karbonasi atau pengarangan sekam padi dilakukan dengan cara meletakkan kawat jaring setinggi 1,5 meter kemudian letakkan sekam padi disekitar kawat jaring. Pada proses karbonasi dengan 13 kg sekam padi membutuhkan 12 jam agar sekam padi dapat terkarbonasi secara merata. Kemudian sekam padi yang telah menjadi arang disiram dengan air guna memadamkan api agar arang sekam tidak menjadi abu.

3.3.3 Proses Pengeringan

Arang sekam padi yang masih basah dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari.

3.3.4 Proses Pengecilan Ukuran dan Pengayakan

Proses pengecilan ukuran arang sekam padi dilakukan dengan cara ditumbuk manual. Kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 40 mesh. Tujuan dari pengayakan yaitu untuk mendapatkan ukuran butiran yang lebih halus sehingga dapat memudahkan dalam proses penelitian.

3.3.5 Proses Pembuatan Perekat

Perekat digunakan untuk menyatukan bahan baku utama agar tidak retak atau patah saat pencetakan. Pembuatan perekat dilakukan dengan cara mencampurkan air sebanyak 50 ml dengan tepung sagu maupun tepung tapioka dengan berat 5 gr untuk variasi 10%, 7.5 gr untuk variasi 15% dan 10 gr untuk variasi 20%. Kemudian dipanaskan hingga adonan perekat mengental dan berwarna bening.

3.3.6 Proses Pencampuran Bahan-Bahan Briket

Proses pencampuran bahan-bahan briket dilakukan agar mendapatkan sebuah blok briket yang dapat digunakan. Bahan baku yang akan diproses memiliki perbandingan yang berbeda yaitu sebesar 10%, 15% dan 20% baik pada perekat tepung tapioka maupun tepung sagu. Pencampuran bahan baku briket dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menyiapkan bubuk arang sekam padi sebesar 45 gr untuk variasi 10%, 42.5 gr untuk variasi 15% dan 40 gr untuk variasi 20%.
2. Mencampurkan arang sekam padi dan perekat sesuai dengan berat yang telah ditentukan.
3. Langkah diatas dilakukan sebanyak kombinasi perlakuan.

3.3.7 Proses Pembuatan Briket

Pencetakan briket dilakukan untuk mendapatkan sebuah produk briket yang berbentuk seperti blok dengan berat sebesar 50 gr. Bahan baku yang telah tercampur selanjutnya dicetak menggunakan pengempa hidrolik dengan tekanan 37,5 kg/cm². Komposisi dan kombinasi perlakuan dari masing-masing briket ditampilkan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Komposisi briket

Jumlah Perekat	Jenis Perekat					
	Tepung Tapioka			Tepung Sagu		
	45 gr (P1)	42,5 gr (P2)	40 gr (P3)	45 gr (P4)	42,5 gr (P5)	40 gr (P6)
5 gr (B1)	P1B1	P2B1	P3B1	P4B1	P5B1	P6B1
7,5 gr (B2)	P1B2	P2B2	P3B2	P4B2	P5B2	P6B2
10 gr (B3)	P1B3	P2B3	P3B3	P4B3	P5B3	P6B3

Pembuatan briket dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan baku sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.
2. Mencampurkan bahan baku briket dengan perekat yang telah dilarutkan dalam air. Pencampuran bahan baku briket dengan perekat harus sesuai dengan komposisi briket yang terdapat pada Tabel 3.1.
3. Memasukkan adonan briket yang telah dicampur ke dalam cetakan briket.

4. Mencetak briket yang ada didalam cetakan dengan menggunakan pengempa hidrolik dengan tekanan $37,5 \text{ kg/cm}^2$.
5. Melakukan pengeringan briket dengan dioven selama 3 jam untuk proses pengeringan dengan suhu $100 \text{ }^\circ\text{C}$.
6. Langkah diatas dilakukan sebanyak kombinasi perlakuan.

3.3.8 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk memperoleh data nilai pada suhu pembakaran, kadar air, kadar abu, nilai kalor dan laju pembakaran maksimal.

1. Pengambilan data nilai kalor

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

- a. Menimbang sampel yang sudah dihaluskan sebanyak kurang lebih 1 g dan kemudian dipres berbentuk pelet.
- b. Mengukur 10 cm *fuse wire*, lalu menghubungkan dengan masing-masing elektroda dan kenakan pada sampel yang telah dibentuk pelet di dalam *bomb*.
- c. Mengisi gas oksigen kedalam *bomb*, maksimum 30 atm.
- d. Menutup kontrol aliran gas, dan tunggu beberapa saat kemudian.
- e. Membuang sisa oksigen dalam selang sampai regulator menunjukkan angka nol.
- f. Mengisi *bucket* dengan air suling kurang lebih 1,5 liter.
- g. Meletakkan *bucket* dalam *calorimeter*, memasukkan *bomb* kedalam *bucket* hingga tepat kedudukannya lalu menghubungkan terminal kabel pada *bomb*.
- h. Menutup *calorimeter*, menghubungkan alat pengaduk, tunggu 5 menit sampai suhu air suling dalam *bucket* tidak berubah.
- i. Mencatat suhu awal pada termometer.
- j. Menekan *ignition unit* hingga lampu indikator mati, melanjutkan menekan kurang lebih 5 menit.
- k. Mencatat kenaikan suhu pada termometer.

- l. Menunggu kurang lebih 3 menit, lalu mencatat suhu akhir pada termometer.
 - m. Membuka *calorimeter* dan mengeluarkan *bomb*.
 - n. Membuang sisa gas oksigen dari dalam *bomb* sehingga habis seluruhnya.
 - o. Membilas permukaan *bomb*, memindahkan air dari *bucket* kedalam erlenmeyer.
 - p. Mengukur sisa *fuse wire* yang tidak terbakar.
 - q. Mentitrasi air dari *bucket* dengan larutan Na_2CO_3 dengan menggunakan indikator merah metil atau sindur metil.
2. Pengambilan data kadar air
- Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan cara menimbang cawan kosong kemudian sampel briket dimasukkan kedalam cawan sebanyak 5 g. Sampel dimasukkan kedalam oven yang telah diatur suhunya sebesar 105°C selama 24 jam, hal ini dilakukan agar briket mendapatkan kadar air yang konstan. Selanjutnya, cawan dan sampel briket dikeluarkan dari oven dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit kemudian ditimbang untuk berat cawan+sampel setelah di oven. Penentuan kadar air dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.
3. Pengambilan data kadar abu
- Penentuan kadar abu dapat dilakukan dengan cara membakar briket. Massa briket ditimbang terlebih dahulu sebelum di bakar. Penentuan kadar abu dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.
4. Pengambilan data laju dan suhu pembakaran
- Penentuan data laju dan suhu pembakaran dapat dilakukan dengan cara membakar langsung briket. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data laju dan suhu pembakaran.
- a. Menimbang massa awal briket.
 - b. Menghidupkan termometer digital dan *setting* pada pengukuran temperatur dengan satuan $^\circ\text{C}$.
 - c. Menyalakan briket pada kompor
 - d. Menempatkan set pin termometer didekat bara briket

- e. Mencatat waktu awal setelah briket menyala.
- f. Mencatat suhu briket yang ditunjukkan oleh alat termometer digital setiap 5 menit hingga briket habis terbakar.
- g. Mencatat lama waktu pembakaran sampai briket habis terbakar.
- h. Mengulangi kembali langkah diatas pada briket sesuai dengan jumlah kombinasi perlakuan pada Tabel 3.1.

3.4 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dua faktor. Analisis data dapat mengetahui perbandingan kualitas dan karakteristik briket terbaik serta pengaruh jenis dan campuran perekat terhadap briket tersebut. Hasil data yang didapat akan diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Berikut merupakan beberapa prosedur pelaksanaan uji statistik anova.

1. Menentukan hipotesis pengujian
 - a. H_0 = tidak ada perbedaan rata-rata perlakuan jenis dan variasi jumlah perekat terhadap karakteristik briket
 - b. H_1 = ada perbedaan rata-rata perlakuan jenis dan variasi jumlah perekat terhadap karakteristik briket
2. Menentukan taraf nyata (α) dan nilai F Tabel
 - a) Taraf nyata yang digunakan 5% atau 0,05
 - b) $v_1 = k-1$, $v_2 = k(n-1)$, dimana k = kolom, n = baris
3. menghitung derajat bebas
 - a. db baris = r , db kolom = c , db interaksi = $(r-1) \times (c-1)$, db galat = $r \times c \times (n-1)$
Keterangan: r = jumlah perlakuan baris
 c = jumlah kolom
 n = ulangan
4. Menentukan kriteria pengujian
 - a. H_0 diterima apabila $F_{hitung} < F_{Tabel}(v_1;v_2)$
 - b. H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{Tabel}(v_1;v_2)$

5. Menghitung analisis anova atau statistik.
6. Menyatakan hasil dari analisa data.
7. Kesimpulan.

3.5 Penentuan Komposisi Terbaik

Setelah dilakukan analisis data, maka akan dicari hasil yang menunjukkan briket dengan komposisi mana yang paling baik, berdasarkan kriteria berikut ini:

1. Nilai kalor tertinggi.
2. Nilai kadar air terkecil.
3. Nilai kadar abu terkecil.
4. Nilai laju pembakaran terendah.
5. Suhu pembakaran tertinggi.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengukuran kadar air terkecil dihasilkan oleh perekat tepung sagu dengan kadar 15% dengan presentase 6,96% dan telah memenuhi SNI 01-6235-2000. Suhu pembakaran tertinggi dihasilkan oleh perekat tepung sagu dengan kadar 10% dengan nilai mencapai 258,08⁰C. Laju pembakaran terkecil dihasilkan oleh perekat tepung tapioka dengan kadar 15% sebesar 0,3025 g/menit. Nilai kalor terbesar dihasilkan oleh perekat tepung sagu dengan kadar 20% sebesar 5726,9 kal/g. Kadar abu terkecil dihasilkan oleh perekat tepung tapioka dengan kadar 10% dengan presentase 13,90%.
2. Komposisi bahan terbaik pada briket arang sekam padi terbaik terdapat pada variasi dan jumlah campuran perekat tepung tapioka 15%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini yaitu sekam padi memiliki ukuran yang kecil sehingga mudah terbakar, maka pada saat proses karbonisasi harus dilakukan dengan hati-hati agar sekam padi tidak menjadi abu. Selain itu pada saat pencampuran bubuk sekam padi dengan bahan perekat harus diperhatikan dengan benar agar proses pencampuran dapat merata secara keseluruhan sehingga menghasilkan kualitas briket terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad N. A. 2014. Kajian terhadap Kadar Air Tepung Jagung dan Tepung Keragian sebagai Bahan Baku Puding Jagung. <http://eprints.ung.ac.id/3180/> (31 Maret 2019).
- Almu A. M., Syahrul dan A. Y. Padang. 2014. Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Bji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi. <https://www.researchgate.net/publication/310599345> (31 Maret 2019).
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. *Wood Charcoal Briquette*. SNI 01-6235-2000. Jakarta.
- Baik, Byung-K, Lee, dan Mee-R. 2003. *Effects of Starch Amylose Content of Wheat on Textural Properties of White Salted Noodles*. Cereal Chemistry.
- Cory Y. D. 2001. *Pengaruh Kadar Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Daun Seresah Acacia Mangium Willd.* Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dirjenpkh. 2018. Tidak Ingin Buruh Tani Miskin, Mentan Keluarkan Jurus Bedah Kemiskinan di Bondowoso. Bondowoso. <https://ditjenpkh.pertanian.go.id/>
- Elfiano E., P. Subekti, dan A. Sadil. 2014. Analisa Prokismat dan Nilai Kalor pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu dan Arang Kayu. <http://e-journal.upp.ac.id/index.php/aptk/article/view/91> (18 April 2019).
- Faujiah, 2016. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Nipah. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/2182/1/Faujiah.pdf> (11 April 2020).
- Hamdi. 2016. *Energi Terbarukan*. Jakarta: Kencana.
- Himawanto, D. A. 2003. *Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Biobriket sebagai Salah Satu Bahan Bakar Alternatif*. Laporan Penelitian. Universitas Negeri Surakarta: Surakarta.
- Iriany, Meliza, S. A. F. Sibrani dan Irvan. 2016. Pengaruh Perbandingan Massa Eceng Gondok dan Tempurung Kelapa serta Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jtk/article/viewFile/12040/5600> (30 Maret 2019).
- Ismayana A. dan M. R. Afriyanto. 2011. Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif. <https://repository.ipb.ac.id/> (30 Maret 2019).

- Kale J., Y. R. Mula, T. Iskandar dan S. P. A. Anggraini. 2019. Optimalisasi Proses Pembuatan Briket Arang Bambu dengan menggunakan Perekat Organik. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin/article/download/84/67> (10 Februari 2020).
- Kong G. T. 2010. *Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Koto I., S. Siallagan, Lisyanto dan A. N. Putra. 2019. *Bioarang Organik Energi Alternatif*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Lungan, R. 2006. *Aplikasi Statistika dan Hitung Peluang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muhlis M. A., Sahara, N. Fuadi. 2019. Uji Kualitas Biobriket Campuran Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung dan Sekam Padi dengan Tepung Sagu sebagai Perekat. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft/article/view/12736/8114> (6 Desember 2020).
- Muhson A. Tanpa tahun. Teknik Analisis Kuantitatif. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132232818/pendidikan/Analisis+Kuantitatif.pdf> (29 April 2019).
- Puspa D. 2014. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa menjadi Biobriket dengan Variasi Komposisi Bahan Baku. <http://eprints.polsri.ac.id/964/> (4 April 2020).
- Putra S. F. 2005. *Cara Praktis Pembuatan Pempek Palembang*. Yogyakarta: Kanisus.
- Putri D. S. 2014. Analisis Konsepsi dan Perubahan Konseptual Pokok Bahasan Suhu dan Kalor Fisika SMP. <https://lib.unnes.ac.id/23041/1/4201410072.pdf> (18 April 2019).
- Prabowo H. 2018. Karbonisasi Memanfaatkan Energi Panas Tungku Bakar Sampah. <https://mui-lplhsda.org/karbonisasi-memanfaatkan-energi-panas-tungku-bakar-sampah/> (25 Maret 2020).
- Prayitno dan Sukosrono. 2007. Reduksi Limbah Padat dengan Sistem Pembakaran dalam Tungku Ruang Bakar. <http://digilib.batan.go.id/ppin/katalog/file/0216-3128-2007-3-061.pdf.pdf>
- Qoniah I. dan D. Prasetyoko. 2010. Penggunaan Cangkang Bekicot sebagai Katalis untuk Reaksi Transestifikasi *Refined Palm Oil*. https://www.researchgate.net/profile/Didik_Prasetyoko.pdf (26 Juni 2020).

- Ristianingsih Y., A. Ulfa, dan S.K.S Rachmi. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/konversi/article/view/266/208> (25 Maret 2020).
- Ryan N. D. 2015. Uji Variasi Kadar Perekat Briket Arang Sekam Padi. <https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/66697.pdf> (3 Desember 2019).
- Silitonga A. S. dan H. Ibrahim. 2020. *Energi Baru & Terbarukan*. Sleman: Deepublish.
- Siregar Z. H. dan S.R.M. Zurairah. 2019. *Teknologi dan Terapan dalam Perspektif Industri Kecil dan Menengah*. Pasuruan: Qiara Media.
- Soelaiman J. R. 2013. Perbandingan Karakteristik antara Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/2530> (30 Maret 2019).
- Sulistyanto A. 2006. *Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Surakarta: Surakarta.
- Suryani I., M. Y. U. Permana, dan M. H. Dahlan. 2012. Pembuatan Briket Arang dari Campuran Buh Bintaro dan Tempurung Kelapa menggunakan Perekat Amilum. <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/5> (18 April 2019).
- Syamsiro M. dan H. Saptoadi, 2007. *Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao : Pengaruh Temperatur Udara Preheat*. Seminar Nasional.
- Syamsiro M. 2008. Kualitas Sifat-sifat Penyalaan dari Pembakaran Briket Tempurung Kelapa. <http://repository.upnyk.ac.id/346/1/> ((4 April 2020).
- Thoha M. Y. dan D. E. Fajrin. 2010. Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren sebagai Pengikat. <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/100/99> (4 April 2020).
- Triyanto J., Subroto, dan M. Effendy. 2017. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Ampas Aren, Sekam Padi, dan Batubara sebagai Bahan Bakar Alternatif. <http://journals.ums.ac.id/index.php/mesin/article/view/7497> (11 April 2020).
- Winarno F. G., 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Cetakan ke-XI. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Sekam padi



Karbonisasi



Pengeringan



Penghalusan



Pengayakan 40 mesh



Penimbangan arang sekam



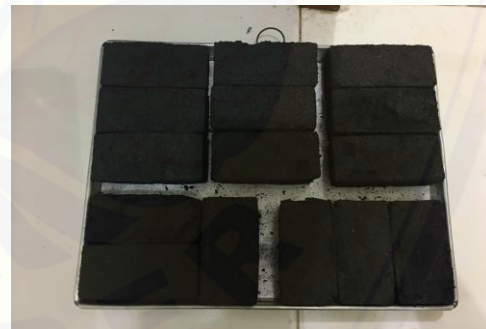
Penimbangan perekat



Pencetakan briket



Pengovenan briket



Briket yang sudah jadi



Pengovenan kadar air



Pendinginan setelah pengeringan



Pengukuran kadar air



Pengukuran suhu pembakaran dan laju pembakaran



Pengukuran suhu pembakaran, kadar abu dan laju pembakaran

Lampiran 2. Data pengukuran kadar air

1. Perekat tepung tapioka

Kadar perekat	Ulangan	Berat cawan (gr)	Berat sampel (gr)	Berat cawan+ sampel setelah dioven (gr)	Berat cawan+ sampel awal (gr)	Kadar air (%)	Rata-rata (%)
10%	1	3,92	5,22	8,73	9,14	7,85	6,97
	2	3,82	5,16	8,57	8,98	7,95	
	3	5,24	7,25	12,1	12,5	5,10	
15%	1	3,95	6,60	10,0	10,6	7,88	7,82
	2	5,38	4,57	9,60	9,95	7,66	
	3	3,90	5,55	9,01	9,45	7,93	
20%	1	5,23	6,05	10,8	11,3	7,77	7,48
	2	3,94	6,10	9,56	10,0	7,87	
	3	4,43	6,92	10,9	11,4	6,79	

2. Perekat tepung sagu

Kadar perekat	Ulangan	Berat cawan (gr)	Berat sampel (gr)	Berat cawan + sampel setelah dioven (gr)	Berat cawan + sampel awal	Kadar air (%)	Rata-rata (%)
10%	1	4,02	7,07	10,56	11,09	7,50	7,45
	2	5,25	6,83	11,58	12,08	7,32	
	3	5,29	4,52	9,47	9,81	7,52	
15%	1	5,24	6,38	11,17	11,62	7,05	6,96
	2	3,93	4,38	8,01	8,31	6,85	
	3	3,86	5,15	8,65	9,01	6,99	
20%	1	4,97	5,02	9,58	9,99	8,17	7,14
	2	4,00	5,53	9,15	9,53	6,87	
	3	4,63	5,80	10,06	10,43	6,38	

Lampiran 3. Data pengukuran suhu pembakaran

1. Perekat tepung tapioka

Tepung Tapioka (10%)					Tepung Tapioka (15%)					Tepung Tapioka (20%)				
Menit	Suhu			Rata-Rata	Menit	Suhu			Rata-Rata	Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3			1	2	3			1	2	3	
0	30	31	31	30,67	0	31	30	31	30,67	0	32	32	32	32,00
5	49	50	51	50,00	5	57	52	53	54,00	5	54	47	48	49,67
10	95	96	118	103,00	10	84	66	70	73,33	10	134	126	136	132,00
15	121	152	142	138,33	15	133	121	136	130,00	15	178	144	156	159,33
20	159	160	163	160,67	20	152	146	141	146,33	20	191	218	203	204,00
25	209	205	194	202,67	25	172	163	158	164,33	25	266	270	225	253,67
30	211	332	212	251,67	30	198	187	187	190,67	30	317	392	246	318,33
35	353	340	356	349,67	35	209	206	209	208,00	35	333	404	276	337,67
40	419	404	424	415,67	40	218	211	215	214,67	40	364	411	381	385,33
45	368	374	362	368,00	45	233	237	212	227,33	45	381	428	399	402,67
50	357	353	354	354,67	50	252	246	233	243,67	50	407	423	409	413,00
55	309	333	324	322,00	55	267	261	258	262,00	55	386	406	432	408,00
60	394	348	351	364,33	60	273	269	271	271,00	60	387	395	417	399,67
65	383	393	386	387,33	65	299	284	290	291,00	65	368	384	392	381,33
70	422	347	441	403,33	70	314	317	321	317,33	70	352	372	388	370,67
75	451	462	479	464,00	75	336	303	346	328,33	75	331	383	374	362,67
80	422	432	426	426,67	80	363	326	367	352,00	80	324	376	366	355,33
85	405	390	399	398,00	85	388	345	391	374,67	85	321	365	362	349,33
90	374	366	376	372,00	90	406	368	422	398,67	90	323	335	342	333,33

95	328	338	333	333,00	95	357	380	396	377,67	95	306	342	317	321,67
100	298	301	307	302,00	100	342	391	377	370,00	100	286	303	308	299,00
105	366	374	359	366,33	105	322	416	361	366,33	105	279	317	312	302,67
110	355	353	319	342,33	110	313	424	342	359,67	110	250	306	297	284,33
115	306	310	286	300,67	115	306	389	331	342,00	115	229	295	263	262,33
120	289	277	250	272,00	120	299	362	317	326,00	120	221	277	253	250,33
125	261	253	232	248,67	125	278	344	303	308,33	125	208	261	231	233,33
130	228	236	233	232,33	130	260	321	292	291,00	130	189	236	219	214,67
135	216	212	201	209,67	135	244	306	273	274,33	135	167	224	205	198,67
140	191	190	188	189,67	140	222	295	258	258,33	140	150	202	187	179,67
145	158	166	172	165,33	145	203	277	236	238,67	145	131	193	158	160,67
150	153	151	155	153,00	150	197	248	211	218,67	150	108	164	143	138,33
155	107	117	123	115,67	155	180	220	204	201,33	155	96	147	122	121,67
160	92	97	98	95,67	160	164	203	180	182,33	160	82	128	111	107,00
165	72	74	73	73,00	165	144	186	177	169,00	165	77	119	88	94,67
170	45	44	41	43,33	170	123	166	164	151,00	170	54	93	69	72,00
175	37	37	36	36,67	175	106	171	141	139,33	175	46	78	53	59,00
max	451	462	479	464,00	180	91	152	122	121,67	180	38	59	42	46,33
min	30	31	31	30,67	185	77	133	109	106,33	185		43	38	40,50
Rata-rata	250,9	253	250	251,17	190	61	117	86	88,00	190		37		37,00
					195	56	101	73	76,67	Max	407	428	432	413,00
					200	43	92	58	64,33	Min	32	32	32	32,00
					205	39	74	44	52,33	Rata-rata	226	250	237	232,61
					210		57	37	47,00					
					215		44		44,00					
					220		36		36,00					
					max	406	424	422	398,67					
					min	31	30	31	30,67					
					rata-rata	209,81	223	219	210,85					

2. Perekat tepung sagu

Sagu (10%)					Sagu (15%)					Sagu (20%)				
Menit	Suhu			Rata-Rata	Menit	Suhu			Rata-Rata	Menit	Suhu			Rata-Rata
	1	2	3			1	2	3			1	2	3	
0	30	32	31	31,00	0	31	32	32	31,67	0	31	31	31	31,00
5	69	68	74	70,33	5	79	88	80	82,33	5	69	58	64	63,67
10	93	96	95	94,67	10	99	102	87	96,00	10	84	73	76	77,67
15	129	127	131	129,00	15	111	119	121	117,00	15	115	98	101	104,67
20	148	139	147	144,67	20	154	134	147	145,00	20	135	112	124	123,67

25	161	158	157	158,67	25	182	176	178	178,67	25	158	129	136	141,00
30	177	179	182	179,33	30	201	203	194	199,33	30	167	145	147	153,00
35	203	208	201	204,00	35	207	218	206	210,33	35	181	167	166	171,33
40	234	228	235	232,33	40	225	229	213	222,33	40	196	178	174	182,67
45	249	247	239	245,00	45	232	247	223	234,00	45	214	197	196	202,33
50	256	251	248	251,67	50	246	262	241	249,67	50	232	210	213	218,33
55	277	269	274	273,33	55	260	290	259	269,67	55	256	231	229	238,67
60	287	281	277	281,67	60	272	314	267	284,33	60	270	248	264	260,67
65	296	288	293	292,33	65	296	339	280	305,00	65	294	276	287	285,67
70	305	399	317	340,33	70	303	420	294	339,00	70	307	289	296	297,33
75	321	301	311	311,00	75	341	430	311	360,67	75	329	304	314	315,67
80	341	322	333	332,00	80	355	419	332	368,67	80	362	327	333	340,67
85	364	339	350	351,00	85	373	429	351	384,33	85	385	366	356	369,00
90	396	361	372	376,33	90	391	449	369	403,00	90	404	383	374	387,00
95	402	387	389	392,67	95	424	465	375	421,33	95	423	407	397	409,00
100	432	401	411	414,67	100	453	443	384	426,67	100	450	429	411	430,00
105	385	419	436	413,33	105	438	423	402	421,00	105	439	457	425	440,33
110	416	430	407	417,67	110	407	396	420	407,67	110	426	434	444	434,67
115	439	421	433	431,00	115	387	379	430	398,67	115	404	419	421	243,79
120	474	424	444	447,33	120	365	350	419	378,00	120	387	401	413	400,33
125	446	433	478	452,33	125	344	341	386	357,00	125	353	377	397	375,67
130	428	472	456	452,00	130	321	310	357	329,33	130	324	363	375	354,00
135	404	450	432	428,67	135	300	289	342	310,33	135	308	334	351	331,00
140	357	431	416	401,33	140	187	271	324	260,67	140	281	306	330	305,67
145	326	403	358	362,33	145	167	243	295	235,00	145	260	288	312	286,67
150	309	344	311	321,33	150	146	213	271	210,00	150	243	263	298	268,00
155	279	309	283	290,33	155	122	198	252	190,67	155	208	241	252	233,67
160	252	280	251	261,00	160	118	171	236	175,00	160	183	226	231	213,33
165	210	255	227	230,67	165	126	155	211	164,00	165	163	212	202	192,33
170	172	226	179	192,33	170	116	139	194	149,67	170	143	184	176	167,67
175	159	161	154	158,00	175	97	108	177	127,33	175	110	166	161	145,67
180	136	155	130	140,33	180	74	99	152	108,33	180	83	147	138	122,67
185	97	122	104	107,67	185	59	63	131	84,33	185	69	113	117	99,67
190	61	105	85	83,67	190	46	51	117	71,33	190	51	96	103	83,33
195	45	76	67	62,67	195	41	44	96	60,33	195	43	73	96	70,67
200	38	43	43	41,33	200	36	36	74	48,67	200	35	54	77	55,33
205		42	36	39,00	205			52	52,00	205		42	52	47,00
210		36		36,00	210			43	43,00	210		37	41	39,00
Max	474	472	478	452,33	215			35	35,00	215			36	36,00
Min	30	32	31	31	Max	453	465	430	426,67	Max	450	457	444	440

Rata-rata	258,6	259	257	252,94	Min	31	32	32	31,67	Min	31	31	31	31
					Rata-rata	222,73	246	235	226,05	Rata-rata	234	230	230	222

Lampiran 4. Data pengukuran kadar abu

1. Perekat tepung tapioka

Perekat	Ulangan	Massa Awal (gr)	Sisa Abu (gr)	Kadar Abu (%)	Rata-Rata (%)
10%	1	68,92	10,32	14,97	13,90
	2	72,37	8,27	11,43	
	3	72,41	11,07	15,29	
15%	1	57,61	9,26	16,07	14,55
	2	63,58	9,33	14,67	
	3	70,84	9,15	12,92	
20%	1	63,94	9,50	14,86	14,58
	2	65,15	9,35	14,35	
	3	67,36	9,79	14,53	

2. Perekat tepung sagu

Perekat	Ulangan	Massa Awal (gr)	Sisa Abu (gr)	Kadar Abu (%)	Rata-Rata (%)
10%	1	63,55	10,69	16,82	14,55
	2	73,17	10,34	14,13	
	3	81,65	10,37	12,70	
15%	1	64,48	10,93	16,95	15,22
	2	66,78	10,12	15,15	
	3	74,68	10,13	13,56	
20%	1	67,76	12,47	18,40	16,29
	2	70,29	10,78	15,34	
	3	71,75	10,85	15,12	

Lampiran 5. Data pengukuran laju pembakaran

1. Perekat tepung tapioka

Kadar perekat	Ulangan	Menit	Detik	Waktu Pembakaran (s)	Massa Briket (g)	Laju Pembakaran (g/s)	Rata-Rata (g/s)
10%	1	175	60	10500	68,92	0,006564	0,006784
	2	175	60	10500	72,37	0,006892	

	3	175	60	10500	72,41	0,006896	
	1	205	60	12300	57,61	0,004684	
15%	2	220	60	13200	63,58	0,004817	0,005041
	3	210	60	12600	70,84	0,005622	
	1	180	60	10800	63,94	0,005920	
20%	2	190	60	11400	65,15	0,005715	0,005901
	3	185	60	11100	67,36	0,006068	

2. Perekat tepung sagu

Kadar perekat	Ulangan	Menit	Detik	Waktu Pembakaran (s)	Massa Briket (g)	Laju Pembakaran (g/s)	Rata-Rata (g/s)
	1	200	60	12000	63,55	0,005296	
10%	2	210	60	12600	73,17	0,005807	0,005914
	3	205	60	12300	81,65	0,006638	
	1	200	60	12000	64,48	0,005373	
15%	2	200	60	12000	66,78	0,005565	0,005576
	3	215	60	12900	74,68	0,005789	
	1	200	60	12000	67,76	0,005655	
20%	2	210	60	12600	70,29	0,005579	0,005595
	3	215	60	12900	71,75	0,005562	

Lampiran 6. Data pengukuran nilai kalor

1. Perekat tepung tapioka

Perekat	Ulangan	Massa (gr)	kalor (kal/g)	Rata-Rata (%)
	1	0,5	4645,4	
10%	2	0,5	4567,3	4606,35
	1	0,5	4768,3	
15%	2	0,5	4759,2	4763,75
	1	0,5	4931,5	
20%	2	0,5	4849,3	4890,4

2. Perekat tepung sagu

Perekat	Ulangan	Massa (gr)	kalor (kal/g)	Rata-Rata (%)
	1	0,5	5455,7	
10%	2	0,5	5421,3	5438,5
	1	0,5	5621,4	
15%	2	0,5	5528,8	5575,1

20%	1	0,5	5748,1	5726,9
	2	0,5	5705,7	

