



**UJI VARIASI KADAR PEREKAT BRIKET ARANG
SEKAM PADI**

SKRIPSI

Oleh

**Dimmas Ryan N
NIM 101710201034**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**UJI VARIASI KADAR PEREKAT BRIKET ARANG
SEKAM PADI**

SKRIPSI

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

Oleh

**DIMMAS RYAN N
NIM 101710201034**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Riyani, Ayahanda Tutuko Hadiwardoyo dan Adikku Dwimas Okta Ryanhadi yang saya sayangi dan saya cintai;
2. Guru-guruku yang membimbing dan menuntun aku sampai menjadi seperti ini;
3. Saudara, sahabat serta teman-temanku yang aku sayangi dan aku cintai;
4. Universitas Negeri Jember (UNEJ) dan Fakultas Teknologi Pertanian (FTP);
5. Semua orang yang mengenal aku.

MOTTO

Satu-satunya orang yang tidak pernah melakukan kesalahan adalah orang yang tidak pernah melakukan sesuatu apapun.

(Theodore Roosevelt)

Visi tanpa tindakan hanyalah sebuah mimpi. Tindakan tanpa visi hanyalah membuang waktu. Visi dengan tindakan

akan mengubah dunia

(Joel Arthur Baker)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimmas Ryan N

NIM : 101710201034

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Uji Variasi Kadar Perekat Briket Arang Sekam Padi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 30 April 2015

Yang menyatakan,

Dimmas Ryan N
NIM. 101710201034

SKRIPSI

**UJI VARIASI KADAR PEREKAT BRIKET ARANG
SEKAM PADI**

Oleh

DIMMAS RYAN N

NIM 101710201034

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Setiyo Harri, MS

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “UJI VARIASI KADAR PEREKAT BRIKET ARANG SEKAM PADI” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 15 Mei 2015

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

Tim Penguji:

Ketua

Anggota

Askin, S.TP., M.MT

NIP. 197008302000031001

Dr. Salahuddin Junus, ST. MT.

NIP. 197510062002122001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.

NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Uji Variasi Kadar Perekat Briket Arang Sekam Padi. Dimmas Ryan N, 101710201034; 2014; 59 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember.

Pada penelitian ini terdapat empat perlakuan pembuatan dengan variasi kadar perekat pada briket yaitu 5%, 10% , 15%, dan 20% perekat. Prosentase tersebut berdasarkan jumlah berat total bahan yang digunakan yaitu berat total bahan 100 gram.

Pengamatan meliputi kadar air briket, suhu pembakaran briket, suhu air, laju pembakaran, dan jumlah energi output yang dihasilkan dari proses pembakaran briket. Hasil yang didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan ANOVA. Kadar air untuk briket dengan perekat 5% adalah 6,41%, perekat 10% = 6,25 %, perekat 15% = 7,09%, dan perekat 20% = 5,80%. Hasil pengujian ANOVA untuk kadar air tiap perlakuan briket yang ada didapatkan keputusan berbeda nyata. Pengujian suhu pembakaran briket didapatkan data suhu rata-rata pembakaran briket dengan perekat 5% = 88,97 °C, perekat 10% = 96,17 °C, perekat 15% = 134,65 °C, dan perekat 20% = 109,97 °C. Dengan suhu rata-rata air didalam panci perekat 5% = 51,90 °C, perekat 10% = 55,12 °C, perekat 15% = 55,25 °C, dan perekat 20% = 53,08 °C. Data pengukuran lama bakar menunjukkan briket dengan jumlah kadar perekat terbanyak yaitu 20% menyebabkan briket akan lama untuk habis dengan lama bakar 110 menit.

Hasil pengujian ANOVA untuk suhu pembakaran briket didapatkan keputusan tidak berbeda nyata. selanjutnya untuk jumlah energi output diperoleh hasil nilai rata-rata energi pada briket dengan perekat 5% = 179 kJ, 10% = 140 kJ, 15% = 188 kJ, 20% = 169 kJ. Dari pengujian ANOVA didapatkan keputusan bahwa jumlah energi output tidak berbeda nyata tiap perlakuan.

SUMMARY

Adhesives Content Variation Test of Rice Husk Charcoal Briquette. Dimmas Ryan N, 101710201034; 2014; 59 pages; Agricultural Engineering Department, Jember University.

In this study there were four treatments briquetting with adhesive content variation 5%, 10%, 15%, and 20% on briquette. The percentage by weight of the total amount of material used is a total weight of 100 grams of material.

Observations include water content of the briquettes, briquette combustion temperature, water temperature, firing rate, and the amount of energy output generated from the briquettes combustion process. The result obtained were then analyzed using ANOVA. The briquette water content with 5% adhesive was 6,41%, 10% adhesive = 6,25%, 15% adhesive = 7,09%, and 20% adhesive = 5,80%. ANOVA test result regarding the water content of the briquettes every treatment there is obtained significantly different decisions. Briquette combustion temperatur testing data obtained an average temperature of burning briquette with 5% adhesive = 88,97 °C, 10% adhesive = 96,17 °C, 15% adhesive = 134,65 °C, and 20% adhesive = 109,97 °C with average temperature of the water in the pot 5% adhesive = 52,90 °C, 10% adhesive = 55,12 °C, 15% adhesive = 55,25 °C, and 20% adhesive = 53,08 °C. Combustion time data showed the highest number of adhesive content, namely 10% adhesive can cause the briquette will be a long time to run out with 110 minutes.

ANOVA test result obtained briquettes for burning temperature is not significantly different decisions. Furthermore, energy output result the average value of the energy in the briquette with 5% adhesive = 179 kJ, 10% adhesive = 140 kJ, 15% adhesive = 188 kJ, and 20% adhesive = 169 kJ. ANOVA test showed decision that the amount of energy output is not significantly different from each treatment.

PRAKATA

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

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dengan judul skripsi “Uji Variasi Kadar Perekat Briket Arang Sekam Padi”

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku pembimbing utama dan Bapak Ir. Setiyo Harri, MS selaku pembimbing anggota yang telah dengan sabar, tekun, tulus dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi.

Selanjutnya penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknologi Pertanian dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember atas segala inspirasi yang diberikan untuk kampus tercinta;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan masukan sehingga terselesaikannya karya ilmiah ini;
3. Ir. Setiyo Harri, MS selaku dosen pembimbing anggota yang telah memberikan masukan sehingga terselesaikannya karya ilmiah ini;

4. Ir. Muharjo Pudjojono selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan selama masa studi;
5. Bapak Ir. Muharjo Pudjojono selaku Komisi Bimbingan skripsi Jurusan Teknik Pertanian;
6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah yang telah membimbing dan memberikan masukan untuk penelitian ini;
7. Ibunda Riyani, Ayahanda Tutuko Hadiwardoyo dan Adikku Dwimas Okta Ryanhadi (Uwik) yang saya sayangi dan saya cintai, terimakasih atas segalanya, tak cukup kata-kata untuk mengungkapkan betapa bersyukurya memiliki orang tua dan keluarga seperti kalian;
8. Keluarga Besar HMI KOMISARIAT TEKNOLOGI PERTANIAN yang telah memberi pelajaran hidup serta semangat selama masa studi;
9. Terimakasih teman-teman seluruh angkatan 2010, 2011, dan 2012 yang selalu ada untuk aku, dan yang telah memberikan pelajaran hidup serta yang telah peduli dengan aku;
10. Sahabat dan saudara A Dian Reza (Syu), Prasitta Stabit (Pall), Ifan Fachrur (Ipall), M.Faizin (Mbah), Denny Sofian Wahyudi, Andry Nurdiansyah, Isnani Didi P (Kang Sinan), Ghofirus Saichoni (Setepe), Afif Amiluddin (Jikar), Agus Wandu, Arif Lukman Hakim (Bang luk) yang telah memberi masukan dan menemaniku menyelesaikan karya ilmiah ini;
11. Mas Agus selaku teknisi Lab. Instrumentasi Jurusan Teknik Pertanian FTP Unej yang telah meluangkan waktu, tenaga serta fikiran untuk memberikan informasi-informasi yang peneliti butuhkan.
12. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah membantu penulis mengurus segala sesuatu selama studi;
13. Semua pihak yang tidak dapat peneliti sebut satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga

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

Jember 30 April 2015

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	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Biomassa	3
2.2 Sekam Padi	5
2.3 Densifikasi	5
2.4 Karbonisasi	6
2.5 Briket	8
2.6 Perekat Briket	9
2.7 Standar Mutu Briket Arang	10
2.8 Pengujian Briket	11
2.8.1 Kadar Air	11

2.8.2 Jumlah Energi Output.....	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Perlakuan pada Masing-masing Briket.....	12
3.4 Diagram Alir	12
3.5 Prosedur Pelaksanaan.....	14
3.5.1 Tahap Persiapan	14
3.5.2 Tahap Penelitian.....	14
3.6 Analisis Data	17
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil Pembuatan Briket.....	19
4.2 Pengujian Briket.....	20
4.2.1 Kadar Air Briket.....	20
4.2.2 Suhu Pembakaran Briket.....	22
4.2.3 Suhu air.....	25
4.2.4 Laju Pembakaran.....	26
4.2.4 Jumlah Energi Output	28
BAB 5. PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia.....	3
2.2 Potensi Jenis Limbah Biomassa di Indonesia.....	4
2.3 Standardisasi Briket Arang (SNI 01-6235-2000)	10
3.1 Perlakuan Pembuatan Briket Berdasarkan Prosentase Berat Bahan.....	12
3.2 Perhitungan ANOVA.....	17
4.1 Hasil Pengukuran Kadar Air Rata-Rata Pada Briket.....	21
4.2 Hasil Pengujian ANOVA kadar air briket.....	22
4.3 Hasil Pengujian ANOVA Suhu Pembakaran Briket	24
4.4 Hasil Pengujian ANOVA Suhu Air dalam Panci	26
4.5 Hasil Pengujian ANOVA Laju Pembakaran Briket	27
4.6 Hasil Pengujian ANOVA Jumlah Energi Output	29
4.7 Hasil keseluruhan pengujian yang telah dilakukan	30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Diagram alir proses pembuatan briket.....	13
3.2 Pengukuran kadar air metode gravimetri.....	15
3.3 Titik pengukuran suhu	16
4.1 Hasil pembriketan semua perlakuan	19
4.2 Proses pembakaran briket	20
4.3 Grafik perbandingan suhu pembakaran briket.....	23
4.4 Grafik perbandingan suhu air	25
4.5 Grafik perbandingan laju pembakaran briket	27
4.6 Grafik perbandingan jumlah energi briket.....	28
4.7 Grafik perbandingan jumlah energi briket oleh Patabang, 2012	29

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar fosil sudah menjadi bahan bakar yang biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat ini, sedangkan para penggunanya terkadang tidak memikirkan bahwa sumber energi tersebut tidak bisa diperbaharui. Untuk kembali mengisi cadangan minyak bumi diperlukan waktu yang sangat lama, sedangkan kebutuhan masyarakat akan energi tidak bisa ditunda. Ketika terjadi kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar mineral efeknya hampir dirasakan semua kalangan masyarakat, baik dari industri maupun masyarakat sipil.

Untuk mengurangi kemungkinan terburuk dampak pemakaian bahan bakar fosil, setidaknya ada beberapa alternatif jalan keluar, yaitu: pencarian ladang baru, penggunaan energi secara efisien, dan pengembangan sumber energi terbarukan. Saat ini sumber yang sudah siap dan mudah didapat adalah limbah pertanian. Biomassa yang berasal dari limbah hasil pertanian dan kehutanan merupakan bahan yang tidak berguna, tetapi dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi bahan bakar alternatif, yaitu dengan mengubahnya menjadi bioarang yang memiliki nilai kalor lebih tinggi dari pada biomassa melalui proses pirolisis. Bioarang yang dihasilkan tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, yaitu pada skala rumah tangga ataupun industri.

1.2 Rumusan Masalah

Pembuatan briket tanpa tambahan bahan perekat akan mempengaruhi kualitas briket karena sifat alamiah bubuk arang yang cenderung saling memisah. Maka dari itu dilakukan pembuatan briket dengan penambahan variasi jumlah perekat untuk meneliti dan mengetahui karakteristik pembakaran briket dengan bahan perekat.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya pada pengamatan:

1. Bahan perekat yang digunakan adalah tepung tapioka.
2. Bahan utama pembuatan briket adalah arang sekam padi.
3. Bentuk briket adalah silinder.
4. Pengempaan dilakukan hanya pada 25,49 Kg / cm².
5. Proses karbonisasi menggunakan drum.
6. Pengujian yang dilakukan meliputi pengamatan kadar air briket, suhu briket, laju pembakaran, dan jumlah energi yang dihasilkan dari pembakaran briket arang sekam.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian uji variasi kadar perekat briket adalah untuk

1. Mengetahui karakteristik pembakaran briket yang dihasilkan dari perlakuan yang ditentukan.
2. Menentukan komposisi terbaik campuran bahan perekat briket.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dengan melakukan penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai karakteristik pembakaran briket dengan penggunaan perekat yang tepat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi. Yang digunakan adalah bahan bakar biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produknya (Pari dan Hartoyo, 1983:56).

Abdullah *et al.*,(1998:171) menyatakan bahwa biomassa mempunyai potensi energi sebesar 50,000 MW yang bersumber dari produk sampingan hasil pengolahan tanaman perkebunan dan pertanian, seperti: kelapa sawit, penggilingan padi, kayu, *plywood*, pabrik gula, kakao, dan lain-lain. Saat ini, jumlah energi biomassa yang telah dimanfaatkan hanya sebesar 302 MW dari total potensi energi biomassa yang ada atau setara dengan 0.604%. Tabel 2.1 menyajikan potensi energi terbarukan di Indonesia.

Tabel 2.1. Potensi energi terbarukan di Indonesia.

Sumber	Potensi (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Pemanfaatan (%)
<i>Large hydro</i>	75.000	4.200	5.600
Biomassa	50.000	302	0,604
<i>Geothermal</i>	20.000	812	4.060
<i>Mini/micro hydro</i>	459	54	11.764
Energi cahaya/solar	156.487	5	$3,19 \times 10^{-3}$
Energi angin	9.286	0,50	$5,38 \times 10^{-3}$
Total	311.232	5.373,5	22,03

Sumber: Prihandana dan Hendroko (2007).

Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil karena sifatnya yang dapat diperbaharui, relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat

meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widarto dan Suryanta, 1995:73).

Berikut tabel 2.2 menunjukkan potensi jenis limbah biomassa di Indonesia.

Tabel 2.2. Potensi jenis limbah biomassa di Indonesia.

Komoditi/produk	Jenis limbah Biomassa	Potensi limbah
Padi(gabah)	Batang padi	5000 kg/ton gabah
Beras	Sekam padi	280 kg/ton gabah
CPO	Pelepah daun	24.84 kg/Ha
CPO	Tandan kosong (FEB)	200 kg/ton FFB
CPO	Serat dan cangkang	420 kg/ton CPO
CPO	Kayu (replanting)	74.5 TON/Ha replanting
CPO	Lumpur sawit	NA
Jagung	Bonggol jagung	NA
Ubi kayu	Batang pohon	800 kg/ton ubi kayu
Gula tebu	Bagasse	280 kg/ton gula
Kelapa	Serat	280 kg/ton kelapa
Kelapa	Batok kelapa	1500 m ³ /Ha peremajaan
Karet	Kayu (peremajaan)	NA
Kakao	Kulit buah kakao	NA
Kopi	Daging buah & kulit kopi	NA
Minyak jarak	Kulit /daging buah	NA
Minyak jarak	Cangkang buah	NA
Minyak jarak	Getah	NA
Minyak jarak	Ampas jarak	700 kg/ton biji jarak
Pengolahan kayu	Serbuk gergaji	203 041.6 m ³ /tahun
Pengolahan kayu	Limbah kayu lainnya	1 827 373.7 m ³ /tahun

Sumber: Agustina, 2003 dan sumber lain.

Setiap tahun terdapat sekitar 160 miliar ton biomassa dari areal pertanian dan 80 miliar ton dari areal perhutanan. Sebagai contoh, ampas tebu, sekam padi, batang dan tongkol jagung, pelepah dan tandan sawit, serta beragam limbah lainnya. Padahal jika diolah, 240 miliar ton biomassa itu setara dengan 60 ton bahan bakar minyak. Salah satu biomassa berasal dari limbah produk pertanian antara lain sekam padi. Diperkirakan dalam setiap tahunnya ada sekitar 17,7 juta ton biomassa yang menjadi limbah pada penggilingan padi. Sekam padi memiliki nilai kalor yang relatif tinggi yaitu kurang lebih 4000 kkal/kg. Dengan pertimbangan tersebut, sekam padi dapat dikonversikan menjadi briket biomassa sebagai bahan bakar alternatif (Abdullah *et al*, 1998:121).

2.2 Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras kulit padi yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar (Natarajan, 1998:43).

Dari beberapa pengukuran, sekam padi yang telah meninggalkan pabrik memiliki kadar air 10 – 16%, dan kadar air ini akan terus meningkat sampai 20% dalam keadaan lembab. Untuk massa jenis sekam padi baik yang dipadatkan ataupun tidak dipadatkan berkisar antara 100 – 200 kg/m kubik. Sekam memiliki kandungan energi 3000 kkal per kg dan ketika dibakar sempurna dapat menghasilkan 15–21% abu dan hampir 90% silika. Satu kg sekam padi membutuhkan 4,7 kg udara agar sekam benar-benar terbakar sempurna (Belonio, 2005:50).

Salah satu pemanfaatan sekam adalah sebagai bahan bakar. Berbagai teknologi pemanfaatan sekam sebagai sumber energi antara lain dengan dibakar langsung atau diubah terlebih dulu secara fisika atau kimia. Pembakaran sekam secara langsung melalui beberapa macam cara antara lain sebagai campuran bahan bakar pada tungku kayu biasa, dibakar pada tungku yang diberi sarangan miring yang dirancang untuk pembakaran sekam, atau dibakar pada kompor dengan bentuk rancangan khusus untuk sekam. Pengubahan sekam secara fisika dilakukan dengan membuat briket sekam dengan maksud untuk memperbesar nilai energi per satuan volumenya. Pengubahan secara kimia dilakukan dengan cara pembuatan arang, pirolisa dan gasifikasi. Selain itu secara biokimia, sekam juga bisa diubah menjadi ethanol (*Teknik Open University*, 2012).

2.3 Densifikasi

Densifikasi atau pengempaan merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan agar mudah dalam penggunaan dan pemanfaatannya selanjutnya diperoleh peningkatan efisiensi nilai dari bahan yang digunakan. Hasil

dari proses pengempaan ini disebut dengan briket. Limbah biomasa sebagai bahan baku dapat diubah dalam bentuk briket sebagai hasil pengempaan. Pengempaan ini dilakukan dengan tekanan tertentu untuk memperoleh bentuk briket dengan kepadatan yang dikehendaki (Abdullah *et al.*, 1998:171).

2.4 Karbonisasi

Prinsip proses karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang yang akan dihasilkan (Pari dan Hartoyo, 1983:68).

Proses pembakaran dikatakan sempurna jika hasil akhir pembakaran berupa abu berwarna keputihan dan seluruh energi di dalam bahan organik dibebaskan. Namun dalam pengarangan, energi pada bahan akan dibebaskan secara perlahan. Apabila proses pembakaran dihentikan secara tiba-tiba ketika bahan masih membara, bahan tersebut akan menjadi arang yang berwarna kehitaman. Pada bahan masih terdapat sisa energi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti memasak, memanggang dan mengeringkan. Bahan organik yang sudah menjadi arang tersebut akan mengeluarkan sedikit asap dibandingkan dibakar langsung menjadi abu (Kurniawan dan Marsono, 2008:133).

Karbonisasi dimaksudkan untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam bahan yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket. Selain untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam bahan yang akan digunakan, juga untuk meningkatkan kandungan energi pada bahan sehingga dapat mempengaruhi terhadap sifat-sifat penyalaan briket yang akan dihasilkan serta lama bakar briket dan jumlah kalor yang akan dihasilkan nantinya. Pelaksanaan karbonisasi meliputi teknik yang paling sederhana hingga yang paling canggih. Tentu saja metode pengarangan yang dipilih disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi keuangan. Berikut dijelaskan beberapa metode karbonisasi.

a. Pengarangan terbuka

Metode pengarangan terbuka artinya pengarangan tidak di dalam ruangan sebagaimana mestinya. Risiko kegagalannya lebih besar karena udara langsung kontak dengan bahan baku. Metode pengarangan ini paling murah dan paling cepat, tetapi bagian yang menjadi abu juga paling banyak, terutama jika selama proses pengarangan tidak ditunggu dan dijaga. Selain itu bahan baku harus selalu dibolak-balik agar arang yang diperoleh seragam dan merata warnanya.

b. Pengarangan di dalam drum

Drum bekas aspal atau oli yang masih baik bisa digunakan sebagai tempat proses pengarangan. Metode pengarangan di dalam drum cukup praktis karena bahan baku tidak perlu ditunggu terus-menerus sampai menjadi arang.

c. Pengarangan di dalam silo

Sistem pengarangan silo dapat diterapkan untuk produksi arang dalam jumlah banyak. Dinding dalam silo terbuat dari batu bata tahan api. Sementara itu, dinding luarnya disemen dan dipasang besi beton sedikitnya 4 buah tiang yang jaraknya disesuaikan dengan keliling silo. Sebaiknya sisi bawah silo diberi pintu yang berfungsi untuk mempermudah pengeluaran arang yang sudah jadi. Hal yang penting dalam metode ini adalah menyediakan air yang banyak untuk memadamkan bara.

d. Pengarangan semimodern

Metode pengarangan semimodern sumber apinya berasal dari plat yang dipanasi atau batu bara yang dibakar. Akibatnya udara disekeliling bara ikut menjadi panas dan memuai ke seluruh ruangan pembakaran. Panas yang timbul dihembuskan oleh blower atau kipas angin bertenaga listrik.

e. Pengarangan supercepat

Pengarangan supercepat hanya membutuhkan waktu pengarangan hanya dalam hitungan menit. Metode ini menggunakan penerapan roda berjalan. Bahan baku dalam metode ini bergerak melewati lorong besi yang sangat panas.

(Sinurat, 2011:118).

Dalam proses pembuatan arang sekam ada dua macam teknik yaitu dengan menggunakan alat pembakar atau tanpa menggunakan alat pembakar. Dari kedua cara berikut petani dapat memilih cara yang praktis untuk dilakukan (Sinurat, 2011:121).

2.5 Briket

Briket adalah hasil pemadatan arang sekam yang dicampur dengan perekat. Tujuan dari pemadatan ini adalah agar bara yang terbentuk lebih tahan lama dan suhu panas yang dihasilkan lebih tinggi, tidak menghasilkan asap (Silalahi, 2000:77).

Briket yang terbuat dari arang sekam bukan sesuatu hal yang baru, karena mulai diusahakan secara komersil, terutama di Pulau Jawa yang memiliki tingkat produksi padi yang tinggi. Bahkan tehnik pembuatannya dapat dipelajari dengan mudah melalui buku maupun melalui internet. Namun tehnik pembakaran sekam menjadi arang masih menggunakan alat yang mempersulit keluarga petani untuk melaksanakannya, karena waktu, tenaga dan biaya yang terbatas (Sudrajat, 1983:36).

Arang sekam adalah sekam padi yang telah melalui proses pembakaran tidak sempurna sehingga tidak sampai menjadi abu. Selanjutnya arang sekam tersebut dicampur dengan perekat, dipadatkan kemudian dikeringkan dan disebut sebagai briket. Dalam proses pembuatan arang sekam ini ada dua macam teknik yaitu dengan menggunakan alat pembakar dan tanpa alat pembakar. Agar lebih praktis dan membutuhkan sedikit tenaga sebaiknya membuat arang sekam tanpa menggunakan alat (Sudrajat, 1983:39).

Dalam pembuatan briket bisa menggunakan perekat dari tepung kanji atau menggunakan tanah liat. Bila menggunakan tanah liat, maka tidak perlu menambah biaya karena tanah liat banyak tersedia. Sebelum briket dibuat sebaiknya arang sekam terlebih dahulu dihaluskan atau ditumbuk, karena akan mempengaruhi kepadatan briket dan panas yang akan dihasilkan. Briket arang sekam bisa menjadi energi alternatif dalam rumah tangga. Dengan dimanfaatkannya sekam padi ini menjadi briket arang sekam, maka akan

mengurangi limbah hasil pertanian, menambah pendapatan petani dan mengurangi pengeluaran keluarga untuk membeli bahan bakar (Sudrajat, 1983:47).

2.6 Perekat Briket

Sifat alamiah bubuk arang cenderung saling memisah. Dengan bantuan bahan perekat atau lem, butir-butir arang dapat disatukan dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Namun, permasalahannya terletak pada jenis bahan perekat yang akan dipilih. Penentuan jenis bahan perekat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas briket arang ketika dinyalakan dan dibakar. Faktor harga dan ketersediaannya di pasaran harus dipertimbangkan secara seksama karena setiap bahan perekat memiliki daya lekat yang berbeda-beda karakteristiknya (Sudrajat, 1983:47).

Penggunaan bahan perekat dimaksudkan untuk menarik air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat dua substrat yang akan direkatkan. Dengan adanya bahan perekat, maka susunan pertikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekan dari arang briket akan semakin baik (Silalahi, 2000:70).

Schuchart (1996:183), menyatakan bahwa pembuatan briket dengan penggunaan bahan perekat akan lebih baik hasilnya jika dibandingkan tanpa menggunakan bahan perekat. Bahan perekat yang biasa digunakan pada pembuatan briket adalah tapioka dan tetes tebu. Penambahan kedua jenis bahan perekat tersebut akan memberikan pengaruh terhadap sifat dan karakteristik briket yang akan dihasilkan. Adanya perbedaan struktur bangun yang berbeda antara tapioka dan molases akan mempengaruhi nilai kalor dan keragaan dari briket itu sendiri. Disisi lain penggunaan bahan perekat dengan konsentrasi campuran berbeda akan menghasilkan briket yang berbeda juga seperti penampakan, porositas dan juga kekuatan daya bakarnya.

Disamping meningkatkan nilai bakar dari bioarang, kekuatan briket arang dari tekanan luar juga lebih baik sehingga tidak mudah pecah. Kurniawan dan Marsono (2008:30), menyatakan ada beberapa jenis perekat yang digunakan untuk briket arang salah satunya yaitu perekat aci.

Perekat aci terbuat dari tepung tapioka yang mudah dibeli dari toko makanan dan di pasar. Perekat ini biasa digunakan untuk mengelem perangko dan kertas. Cara membuatnya sangat mudah, yaitu cukup mencampurkan tepung tapioka dengan air, lalu dididihkan diatas kompor. Selama pemanasan tepung diaduk terus-menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan terasa lengket di tangan (Silalahi, 2000:67).

Tepung tapioka yang dibuat dari ubi kayu mempunyai banyak kegunaan, antara lain sebagai bahan pembantu dalam berbagai industri. Dibandingkan dengan tepung jagung, kentang, dan gandum atau terigu, komposisi zat gizi tepung tapioka cukup baik sehingga mengurangi kerusakan tenun, juga digunakan sebagai bahan bantu pewarna putih (Silalahi, 2000:69).

Ampas tapioka banyak dipakai sebagai campuran makanan ternak. Pada umumnya masyarakat kita mengenal dua jenis tapioka, yaitu tapioka kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran ubi kayu yang masih kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi (Silalahi, 2000:73).

2.7 Standar Mutu Briket Arang

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2000) briket bioarang yang memenuhi standar sebagai bahan bakar adalah dilihat dari kadar air, kadar volatile matter, kadar abu, dan nilai kalor. Kualitas standar briket disajikan seperti pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Standardisasi briket arang (SNI 01-6235-2000)

No.	Standardisasi	Nilai
1.	Kadar Air	Maksimal 8%
2.	Kadar <i>volatile matter</i>	Maksimal 15%
3.	Kadar Abu	Maksimal 8%
4.	Nilai Kalor	Minimal 5000 kal/g

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000)

2.8 Pengujian Briket

Pengujian briket salah satunya dapat dilakukan dengan membakar briket dan mengamati lama nyala api untuk menjadi abu. Pengujian lama nyala briket ini dilakukan menggunakan alat pengukur waktu yaitu stopwatch.

2.8.1 Kadar Air

Kadar air briket adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam briket dengan berat kering briket tersebut. Kadar air berhubungan langsung dengan nilai kalor dan densitas. Kadar air tinggi mengakibatkan penurunan nilai kalor densitas. Hal ini diakibatkan oleh panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air dalam bahan bakar. Perubahan tekanan kompaksi tidak mempengaruhi kadar air dalam briket (Saputro, 2008:846).

Pengukuran kadar air salah satunya adalah dengan metode gravimetri, yaitu metode pengeringan dengan menguapkan air yang ada dalam bahan dengan jalan pemanasan dan kemudian menimbang bahan sampai berat bahan konstan yang berarti semua air yang terkandung sudah diuapkan. Prosedur perhitungan kadar air menggunakan standar ASTM D 1762-84 dengan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan : A = berat sampel mula-mula (gram)
 B = berat sampel setelah dikeringkan pada suhu 105 °C (gram)

2.8.2 Jumlah Energi Output

Energi yang digunakan untuk memasak air adalah nilai kalor atau panas yang dihasilkan oleh briket sampai air mendidih atau pada suhu tertentu dengan menggunakan persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot t \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : Q = jumlah panas untuk mendidihkan air (Joule)
 c = panas jenis air (kal/g. °C)
 m = massa briket (g)
 t = kenaikan suhu (°C)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2014 sampai Agustus 2014. Bertempat di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi 1 set alat pembuat briket hidrolis, kayu penumbuk, kompor, panci, tungku, ayakan 50 mesh, timbangan analog dan digital, stopwatch, oven, desikator, dan *thermocouple*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah arang sekam padi, air, dan tepung tapioka.

3.3 Perlakuan pada Masing-masing Briket

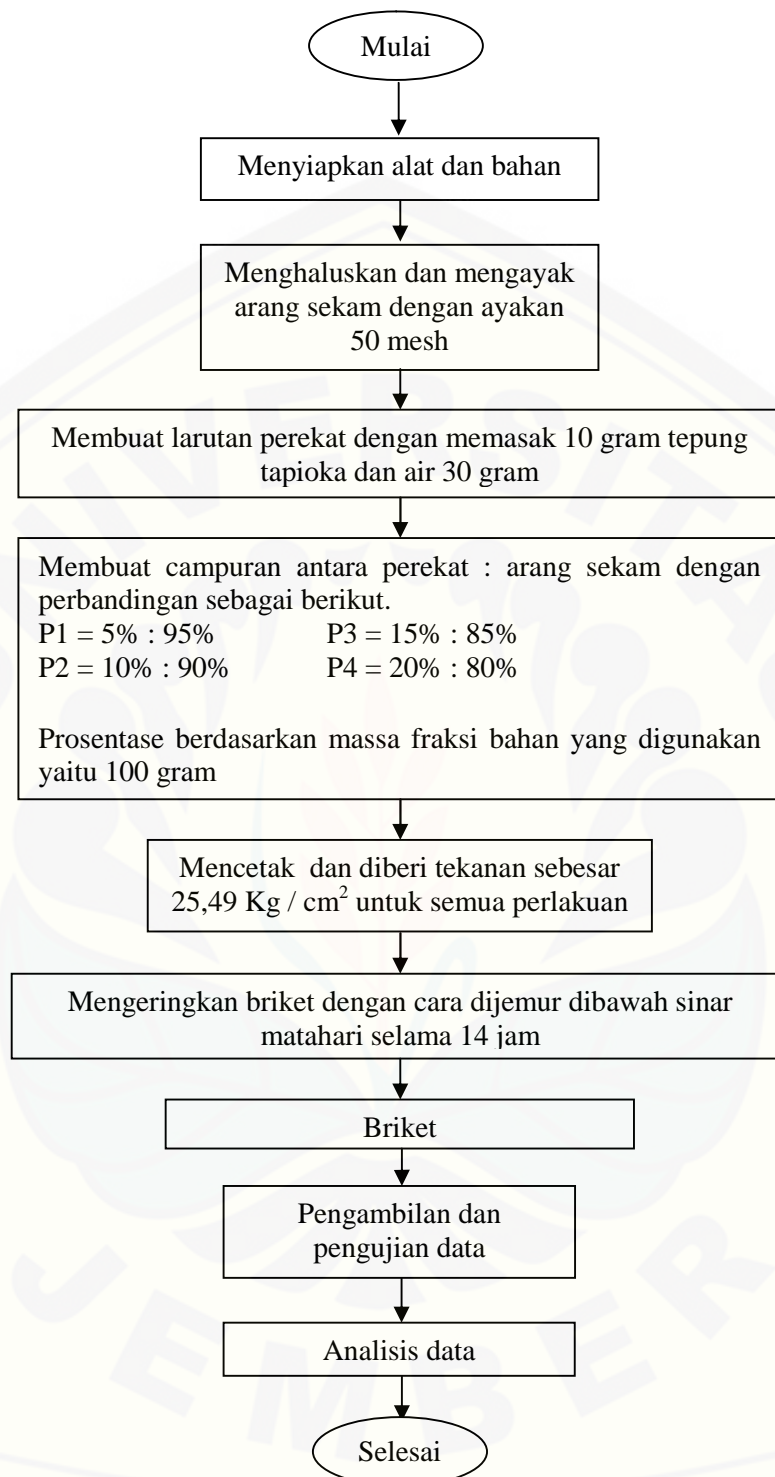
Perlakuan yang dikenakan pada masing-masing briket pada penelitian ini adalah seperti tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Perlakuan pembuatan briket berdasarkan prosentase berat bahan.

Briket	Prosentase berat bahan (%)	
	Perekat	Arang sekam
P1	5	95
P2	10	90
P3	15	85
P4	20	80

3.4 Diagram Alir

Proses penelitian yang akan dilakukan dengan tahapan seperti pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan briket dan pengujian briket

3.5 Prosedur Pelaksanaan

Prosedur penelitian ini secara umum dilaksanakan dalam dua tahap pembuatan yaitu pembuatan briket arang sekam dan pengujian briket arang sekam. Prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.5.1 Tahap persiapan

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah menyiapkan silinder pres untuk cetakan briket, menyiapkan dan membersihkan satu set dongkrak hidrolis, alat ukur suhu (*Thermocouple*), tepung tapioka sebagai perekat dan arang sekam padi sebagai bahan utama pembuatan briket, kompor dan panci untuk membuat perekat, tungku, stopwatch dan thermocouple untuk pengamatan briket.

3.5.2 Tahap penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dengan melakukan beberapa proses pengujian briket dengan variasi jumlah campuran perekat pada briket. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pencampuran bahan dan pencetakan briket

Proses yang dilakukan adalah dengan mencampur semua bahan yaitu perekat dengan arang sekam dan kemudian diberi perlakuan tekanan. Prosedur pencetakan briket adalah sebagai berikut.

1. Arang sekam yang telah dihasilkan kemudian dihaluskan dan diayak.
2. Mencampur bahan perekat briket dengan arang sekam dengan perbandingan berdasar berat total 100 gram sebagai berikut.
P1 = 5% : 95% P3 = 15% : 85%
P2 = 10% : 20% P4 = 20% : 80%
3. Mencetak briket menggunakan pengempa hidrolis dengan tekanan sebesar 25,49 Kg/cm²
4. Mengeringkan briket yang sudah dikempa di bawah terik matahari selama 14 jam dengan suhu 35 sampai 40 °C.

b. Pengujian kadar air briket

Pengujian kadar air menggunakan metode ASTM D 1762-84. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah oven, cawan dan timbangan digital. Penentuan kadar air dilakukan untuk setiap perlakuan pada setiap kali pengulangan. Prosedur dalam pengukuran kadar air briket yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

1. Menimbang cawan atau wadah sampel dengan timbangan analitik.
2. Menimbang berat masing-masing sampel briket.
3. Sampel dalam cawan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sampai beratnya konstan.
4. Bahan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang dan hasil timbangan dikurangi berat cawan. Proses pengukuran kadar air dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Pengukuran kadar air metode gravimetri

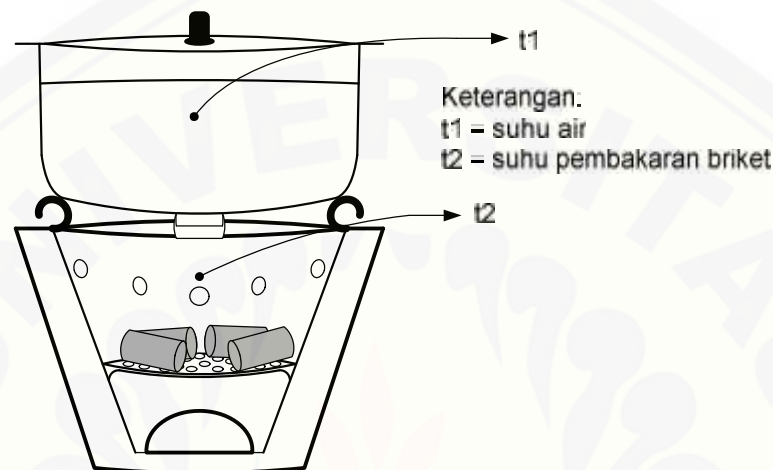
5. Menghitung kadar air pada sampel bahan dengan persamaan (1).

c. Pengujian suhu pembakaran briket dan suhu air

Pengujian suhu pembakaran briket dan suhu air dilakukan dengan cara mengukur suhu ruang pembakaran briket dan suhu air yang dimasak di dalam panci dengan menggunakan *thermocouple*. Prosedur dalam pengujian suhu pembakaran briket dan suhu air briket yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan air sebanyak 1 kg.
2. Menuangkan air dalam panci.
3. Membakar briket dalam tungku briket yang telah disiapkan.
4. Menghidupkan stopwatch mulai bara menyala hingga briket habis.

5. Mengukur suhu air dalam panci dan suhu pembakaran briket dengan menggunakan *thermocouple* dalam rentang waktu 5 menit. Titik pengukuran suhu disajikan pada Gambar 3.3
6. Melakukan analisis statistik untuk menentukan komposisi campuran terbaik dari seluruh perlakuan.



Gambar 3.3 Titik pengukuran suhu

d. Pengujian laju pembakaran

Pengujian selanjutnya yaitu mengenai laju pembakaran. Pengujian laju pembakaran ini dilakukan untuk mengukur dan membandingkan karakteristik briket mengenai laju pembakarannya yang kemudian menentukan perlakuan briket mana yang terbaik. Proses pengujian laju pembakaran briket adalah sebagai berikut.

1. Menimbang sampel briket.
2. Membakar briket dalam tungku.
3. Mencatat waktu briket mulai bara menyala hingga briket habis.
4. Menghitung laju pembakaran dengan persamaan:

$$\text{laju pembakaran} = \frac{\text{Massa briket (gram)}}{\text{Waktu pembakaran (s)}} \dots\dots\dots(3)$$

5. Melakukan analisis statistik untuk menentukan komposisi terbaik ditinjau dari laju pembakaran.

e. Pengujian jumlah energi output

Pengujian ini berguna untuk mengetahui jumlah energi yang dihasilkan dari pembakaran briket untuk memanaskan air. Proses pengujian jumlah energi output adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan air sebanyak 1 kg pada panci.
2. Membakar briket dalam tungku.
3. Mencatat waktu briket mulai bara menyala hingga briket habis.
4. Mencatat suhu air pada panci mulai bara menyala hingga briket habis.
5. Menghitung jumlah energi dengan persamaan (2).
6. Melakukan analisis statistik untuk menentukan komposisi terbaik ditinjau jumlah energi yang dihasilkan.

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Analisis Anova satu faktor dengan 3 ulangan. Dengan analisis ini dapat diketahui perbandingan kualitas briket setiap kombinasi perlakuan, lama bakar briket, suhu maksimal pembakaran briket, komposisi terbaik campuran bahan perekat briket antara berbagai variasi campuran briket. Analisa sedemikian ini dilakukan untuk mengetahui campuran atau kombinasi perlakuan yang terbaik. Analisis bisa dilakukan dengan lebih rinci dengan mengetahui pengaruh perekat atau pengaruh arang sekam dengan analisis ANOVA dua faktor, yang memungkinkan adanya penelitian kelanjutan dari penelitian ini. Tabel 3.2 berikut dapat digunakan untuk memudahkan perhitungan ANOVA.

Tabel 3.2 Tabel perhitungan ANOVA

Sumber	Jumlah	Derajat	Kuadrat	Nilai	Nilai F tabel			
					Keragaman	Kuadrat	Bebas	Tengah
Perlakuan	JKP	p-1	KTP	KTP/KTG				
Galat/Sisa	JKG	p(u-1)	KTG					
Total	JKT	pu-1						

Sumber: Suhaemi (2011).

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \text{Faktor Koreksi} \\ &= \frac{Y^2 \dots}{pu} \\ \text{JKT} &= \text{Jumlah Kuadrat Total} \\ &= \sum Y_{ij}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan} \\ &= \frac{1}{u} \sum Y_{ij}^2 - \text{FK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{Jumlah Kuadrat Galat} \\ &= \text{JKT} - \text{JKP} \end{aligned}$$

$$\text{KTP} = \frac{\text{JKP}}{p-1}$$

$$\text{KTG} = \frac{\text{JKG}}{p(u-1)}$$

Keterangan :

p = Jumlah Perlakuan
u = Jumlah Ulangan

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Briket

Briket yang dihasilkan pada penelitian ini berbentuk silinder, bentuk silinder memiliki keuntungan yaitu tidak mudah rusak karena memiliki sisi runcing yang lebih sedikit dibandingkan briket kotak sehingga meminimalisir kerusakan akibat benturan. Mardwianta, B. (2011) menyatakan bahwa bentuk silinder mempunyai luas pembakaran yang lebih baik daripada bentuk kotak, karena bentuk silinder lebih mudah ditata didalam tungku pembakaran. Diantara briket batubara yang sudah ditata sejajar terdapat celah yang berfungsi untuk lajunya aliran udara pembakaran, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Hasil dari pembuatan briket disajikan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Hasil pembriketan semua perlakuan

Gambar 4.1 merupakan hasil dari pengempaan arang biomassa (sekam padi) menjadi briket bentuk silinder. Dari gambar tersebut terlihat perbedaan tekstur antara setiap perlakuan. Pada P1 briket terlihat lebih rapuh karena prosentase perekat yang digunakan adalah 5%, untuk P2 tekstur briket mulai terlihat lebih kokoh dibandingkan dengan briket P1 hal ini dikarenakan penggunaan perekat yang lebih banyak dibandingkan perlakuan briket P1. Selanjutnya untuk briket P3 mempunyai tekstur yang lebih baik lagi daripada dua perlakuan sebelumnya dikarenakan jumlah perekat yang digunakan juga lebih banyak dari perlakuan sebelumnya. Untuk P4 dengan penggunaan perekat

terbanyak yaitu 20% perekat dapat terlihat bahwa pada briket perlakuan ini mempunyai tekstur yang sangat kokoh, kuat dan pori-pori lebih terlihat halus hal ini dapat disebabkan karena penggunaan jumlah perekat dapat mengikat jumlah air yang terkandung dalam briket, semakin banyak jumlah perekat yang digunakan maka akan semakin banyak jumlah air yang terikat oleh perekat.

4.2 Pengujian briket

Pengujian briket mengenai suhu, laju pembakaran dan jumlah energi yang dihasilkan dilakukan dengan cara membakar sejumlah briket pada tungku. Pada pembakaran dihasilkan bara yang tidak jauh berbeda dengan bara pada arang biasa. Proses pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Proses pembakaran briket

4.2.1 Kadar air briket

Setelah dilakukan pengeringan dilakukan pengukuran kadar air. Pengukuran kadar air merupakan suatu cara untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat di dalam suatu bahan. Karena kadar air briket dapat mempengaruhi pada sifat-sifat penyalaan dan juga nilai kalor briket yang akan dihasilkan. Semakin kecil nilai kadar air yang dihasilkan maka semakin baik kualitas briket karena nilai kalor yang dihasilkan semakin baik. Dalam penelitian ini pengujian kadar air dimaksudkan untuk mengetahui kadar air dari setiap perlakuan pembuatan briket

arang sekam padi dan data yang dihasilkan akan dianalisis dengan menggunakan ANOVA untuk mengetahui perbedaan nilai yang dihasilkan antar tiap perlakuan yang ada. Hasil pengukuran kadar air disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 hasil pengukuran kadar air rata-rata pada briket

Perlakuan	Ulangan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Sampel (gram)		Kadar Air Sampel (%)	Kadar Air Rata-rata (%)
			Awal	Akhir		
P1	1	3,84	6,01	5,89	5,85	6,41
	2	3,84	8,61	8,31	6,71	
	3	3,84	7,20	6,99	6,67	
P2	1	3,98	8,04	7,80	6,28	6,25
	2	3,99	5,76	5,66	5,99	
	3	3,99	6,45	6,30	6,49	
P3	1	4,64	10,02	9,64	7,60	7,09
	2	4,58	9,51	9,20	6,71	
	3	4,57	7,49	7,30	6,69	
P4	1	3,94	8,56	8,31	5,72	5,80
	2	3,94	5,66	5,57	5,52	
	3	3,94	5,32	5,24	6,15	

Sumber : Data diolah 2014

Penggunaan perekat dalam jumlah besar tidak selalu menimbulkan nilai kadar air yang besar, karena perekat dapat mengikat air yang terkandung dalam arang sekam. Pada Tabel 4.1 terlihat bahwa hasil pengukuran kadar air briket ada perbedaan antar tiap perlakuan P1 = 6,41%; P2 = 6,25%; P3 = 7,09%; dan P4 = 5,80%. Hasil kadar air untuk semua perlakuan sudah memenuhi SNI nomor 01-6235-2000 dimana standar kadar air briket adalah tidak lebih dari 8%. Dari keempat perlakuan pada penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai kadar air terendah adalah pada P4 dengan nilai kadar air 5,80% dan yang tertinggi adalah pada briket P3 yaitu sebesar 7,09%. Variasi jumlah pada arang sekam yang digunakan memiliki pengaruh terhadap banyaknya air yang diserap pada saat pengadukan adonan arang sekam dengan perekat tapioka. Faktor lain yang mempengaruhi nilai kadar air dalam briket adalah pada proses pengeringan yang dilakukan secara manual yaitu dengan cara dijemur dibawah sinar matahari selama 14 jam sehingga untuk pengeringan dilakukan dalam beberapa hari untuk memenuhi bahwa briket tersebut telah dikeringkan dalam 14 jam. Hal tersebut

mengharuskan briket disimpan untuk dijemur di hari selanjutnya sehingga pada kadar air yang tinggi pada briket arang sekam dapat disebabkan oleh sifat briket arang yang bersifat higroskopis yaitu mampu menyerap air dari udara sekelilingnya pada permukaan briket arang sekam tersebut. Kerapatan briket arang sekam juga berpengaruh terhadap penyerapan air dari udara karena briket arang sekam yang mempunyai kerapatan rendah dan pori-pori yang besar.

Berdasarkan data yang diperoleh terdapat perbedaan nilai antara P1, P2, P3, dan P4. Namun untuk membuktikan perbedaan tersebut perlu dilakukan metode pengujian ANOVA. Tujuan dari pengujian ANOVA adalah mengetahui perbedaan yang signifikan dari beberapa perlakuan. Hasil dari pengujian ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil pengujian ANOVA kadar air briket

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel	
					1%	5%
Kadar Air (KA)	2,58	3	0,86	5,62	7,59	4,07
Galat	1,23	8	0,15			
Total	3,81	11				

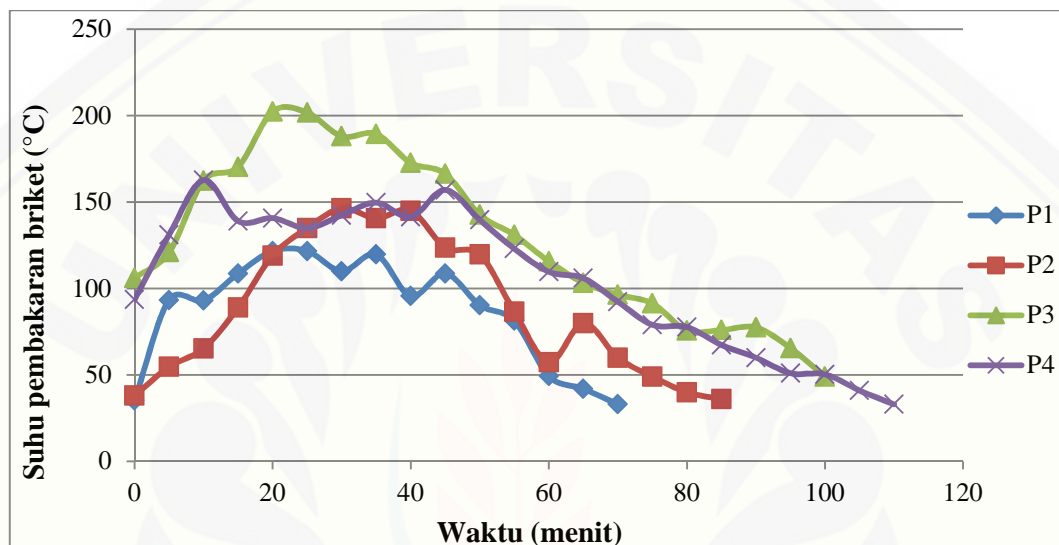
Sumber : Data diolah 2014

Berdasarkan Tabel 4.2 dihasilkan $F_{Hitung} > F_{Tabel 5\%} < F_{Tabel 1\%}$. Hasil tersebut membuktikan bahwa perlakuan jumlah perekat yang diberikan pada briket mempunyai nilai kadar air yang berbeda nyata pada setiap perlakuan. Hal ini disebabkan karena perlakuan yang dikenakan yaitu penggunaan jumlah perekat yang digunakan adalah tidak sama sehingga untuk menentukan kadar air yang ideal atau memenuhi standar pada briket maka sangat diperlukan pertimbangan perbandingan komposisi arang sekam dengan perekat tapioka yang digunakan.

4.2.2 Suhu pembakaran briket

Hasil pengujian selanjutnya yang mempengaruhi terhadap kualitas briket yang dihasilkan yaitu suhu briket yang dihasilkan saat briket dibakar. Pada proses pengujian suhu pembakaran briket, stopwatch dinyalakan saat bara menyala pada briket sampai briket habis dan menjadi abu sehingga dapat tercatat waktu yang

diperlukan bara untuk menghabiskan briket. Jumlah briket yang digunakan dalam tungku pembakaran adalah 4 biji. Banyaknya penggunaan bahan perekat mempengaruhi terhadap lama bakar yang dihasilkan. Selain itu, banyaknya karbon yang digunakan pada briket juga sangat mempengaruhi suhu maksimal briket yang dihasilkan. Pada Gambar 4.3 disajikan grafik perbandingan suhu briket tiap perlakuan.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan suhu pembakaran briket

Berdasarkan grafik terlihat bahwa P3 mempunyai suhu lebih tinggi dibandingkan P1, P2, dan P4. Suhu maksimal yang dihasilkan untuk setiap perlakuan adalah P1 = 121,67 °C, P2 = 119 °C, P3 = 202,33 °C, dan P4 = 162,67 °C dengan suhu rata-rata pembakaran briket P1 = 88,97 °C, P2 = 96,17 °C, P3 = 134,65 °C, dan P4 = 109,97 °C. Briket P3 mempunyai suhu tertinggi diantara semua perlakuan karena perbandingan jumlah perekat dan jumlah karbon yang digunakan tepat. Pada proses pembakaran briket yang telah dilakukan penggunaan jumlah bahan perekat yang digunakan sangat mempengaruhi terhadap lama bakar briket. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 yaitu briket P1 dengan lama bakar 70 menit, P2 = 85 menit, P3 = 100 menit, dan P4 = 110 menit. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa lama bakar briket yang paling lama adalah pada briket P4 dengan komposisi arang sekam 80% dan perekat 20% yaitu selama 110 menit.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah perekat yang digunakan terhadap suatu briket maka lama bakarnya akan semakin lama. Hal ini dikarenakan penggunaan perekat dapat menyebabkan tekstur briket menjadi kokoh tidak mudah rapuh termakan bara sehingga briket lebih awet digunakan.

Pada P3 suhu maksimal yang dihasilkan tidak dapat dipertahankan dengan stabil dibandingkan dengan P4 yang mempunyai suhu maksimal pembakaran briket yang lebih rendah namun mempunyai suhu yang lebih stabil dalam mempertahankan suhunya. Salah satu cara untuk mempertahankan suhu pada briket P3 yaitu dengan menambahkan jumlah briket yang digunakan dalam tungku.

Berdasarkan data yang diperoleh terdapat perbedaan nilai suhu antara P1, P2, P3, dan P4. Untuk membuktikan perbedaan tersebut perlu dilakukan metode pengujian ANOVA yang disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil pengujian ANOVA suhu pembakaran briket

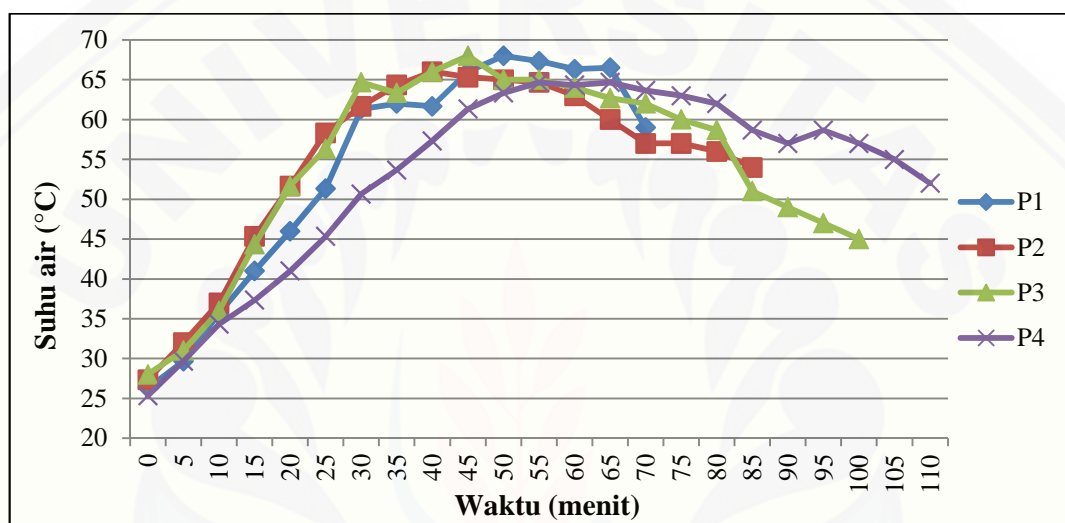
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel	
					1%	5%
Suhu Briket (SB)	3644,84	3	1214,95	2,7	7,59	4,07
Galat	3600,43	8	450,05			
Total	7245,26	11				

Sumber : Data diolah 2014

Pada Tabel 4.3 hasil pengujian analisis keragaman mengenai suhu pembakaran briket didapatkan hasil $F \text{ Hitung} < F \text{ Tabel } 5\% < F \text{ Tabel } 1\%$. Hasil tersebut membuktikan bahwa nilai suhu pembakaran briket dengan perlakuan jumlah perekat yang diberikan pada briket antar tiap perlakuan mempunyai perbedaan yang tidak nyata. jika dilakukan penambahan jumlah perekat maka suhu yang dihasilkan akan mempunyai pengaruh yang tidak terlihat secara nyata terhadap nilai suhu yang dihasilkan.

4.2.3 Suhu air

Proses pengujian suhu air dilakukan dengan memasak air pada panci hingga briket yang ada didalam tungku habis terbakar sepenuhnya. Stopwatch dinyalakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk briket memanaskan air pada suhu maksimal. Suhu pembakaran briket menghasilkan suhu air yang juga meningkat seiring naiknya suhu pembakaran briket. Pada Gambar 4.4 berikut disajikan grafik perbandingan suhu air tiap perlakuan briket.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan suhu air

Pada grafik terlihat perbandingan suhu air yang dihasilkan dari pembakaran briket untuk semua perlakuan. Suhu rata-rata air didalam panci untuk P1 = 52,90 °C, P2 = 55,12 °C, P3 = 55,25 °C, dan P4 = 53,08 °C. Hasil yang didapatkan tersebut memiliki hubungan dengan suhu pembakaran briket, sehingga suhu air tertinggi terdapat pada P3 yaitu pada komposisi arang sekam 85% dan perekat 15%. Hal ini disebabkan karena pada P3 mempunyai suhu pembakaran briket yang paling tinggi sehingga mengakibatkan suhu maksimal air juga meningkat. Penggunaan komposisi arang sekam dan perekat yang tepat memiliki pengaruh pada proses pengujian briket pada penelitian ini.

Berdasarkan data yang diperoleh terdapat perbedaan nilai suhu antara P1, P2, P3, dan P4. Untuk membuktikan perbedaan tersebut perlu dilakukan metode pengujian ANOVA yang disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil pengujian ANOVA suhu air dalam panci

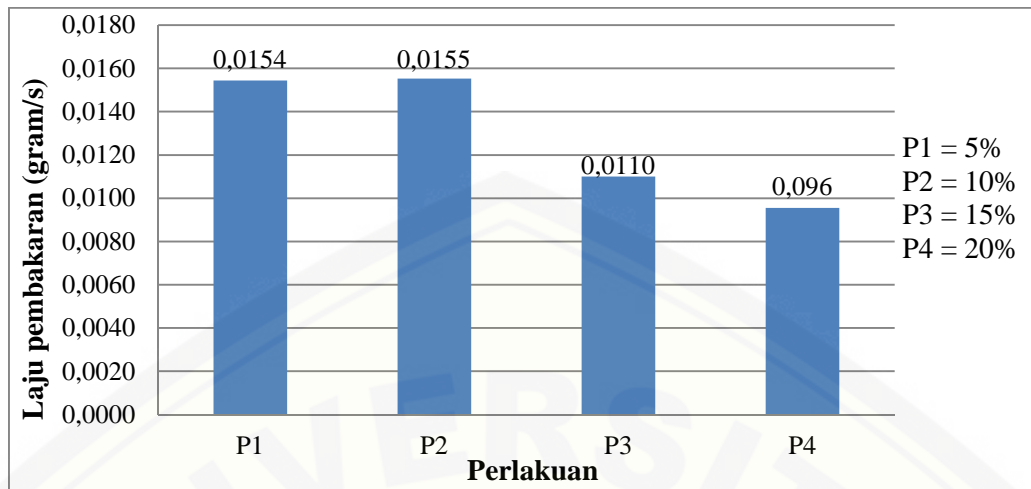
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel	
					1%	5%
Suhu Air (SA)	16,16	3	5,39	0,05	7,59	4,07
Galat	792,48	8	99,06			
Total	808,64	11				

Sumber : Data diolah 2014

Pada Tabel 4.4 hasil pengujian analisis keragaman tentang suhu air dalam panci diperoleh hasil $F \text{ Hitung} < F \text{ Tabel } 5\% < F \text{ Tabel } 1\%$. Hasil tersebut membuktikan bahwa nilai suhu air dalam panci yang dihasilkan untuk semua perlakuan mempunyai perbedaan yang tidak nyata sehingga jika dilakukan penambahan jumlah perekat yang digunakan maka suhu yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap nilai suhu yang dihasilkan untuk tiap perlakuan namun perbedaannya tidak terlihat secara nyata.

4.2.4 Laju pembakaran

Laju pembakaran briket merupakan kecepatan habisnya briket terbakar oleh bara sampai menjadi abu. Besar kecilnya nilai laju pembakaran sangat berpengaruh terhadap kualitas briket arang sekam yang dihasilkan, karena nilai laju pembakaran yang cukup besar akan mengakibatkan briket lebih cepat habis. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur dan membandingkan karakteristik briket antar tiap perlakuan untuk mengetahui kualitas briket ditinjau dari laju pembakarannya sehingga dapat diketahui perlakuan briket mana yang lebih baik. Laju pembakaran sendiri juga dipengaruhi oleh ukuran partikel arang sekam dan jumlah perekat yang digunakan. Pada Gambar 4.5 disajikan grafik perbandingan nilai laju pembakaran briket tiap perlakuan.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan laju pembakaran briket

Pada grafik perbandingan laju pembakaran briket bisa terlihat pengaruh penggunaan jumlah perekat. Dari grafik sangat terlihat perbedaan antara tiap perlakuan. Hasil yang didapat antara lain P1 = 0,0154 gram/s, P2 = 0,0155 gram/s, P3 = 0,011, dan P4 = 0,0096 gram/s. Pada P4 mempunyai nilai laju pembakaran terendah sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan perekat lebih banyak mengakibatkan briket lebih tahan lama karena jumlah perekat yang semakin banyak akan menghasilkan tekstur briket yang kokoh sehingga briket akan semakin lama habis terbakar bara. Selain itu penggunaan perekat dapat mengikat air yang terkandung dalam arang sekam sehingga kadar air pada briket akan semakin rendah.

Berdasarkan data yang diperoleh terdapat perbedaan nilai suhu antara P1, P2, P3, dan P4. Untuk membuktikan perbedaan tersebut perlu dilakukan metode pengujian ANOVA yang disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.5 Hasil pengujian ANOVA laju pembakaran briket

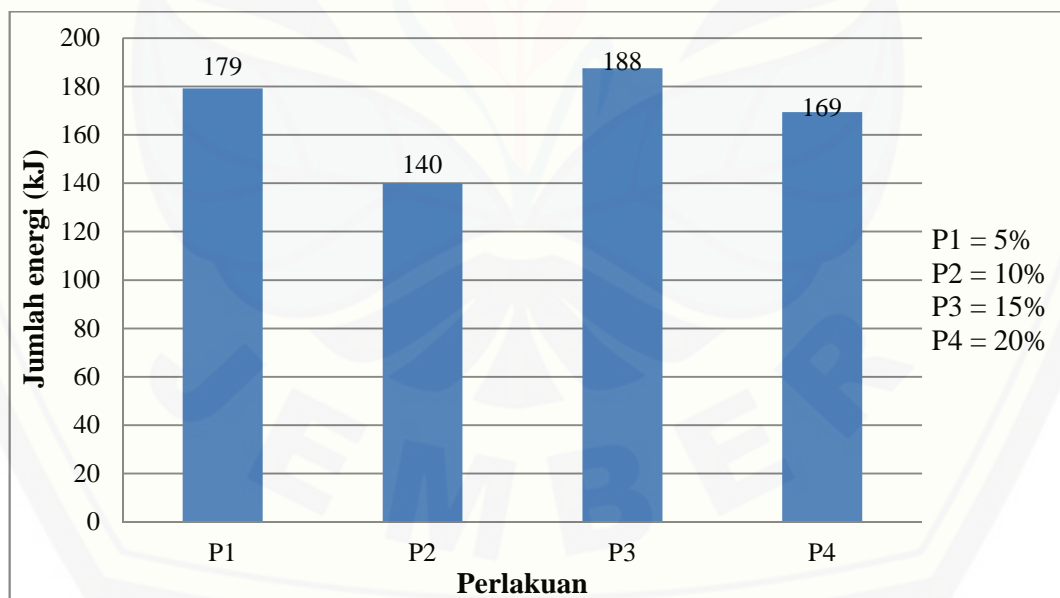
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel	
					1%	5%
Laju pembakaran	$8,46 \times 10^{-5}$	3	$2,82 \times 10^{-5}$	9,41	7,59	4,07
Galat	$2,40 \times 10^{-5}$	8	$3,00 \times 10^{-6}$			
Total	$1,09 \times 10^{-4}$	11				

Sumber : Data diolah 2014

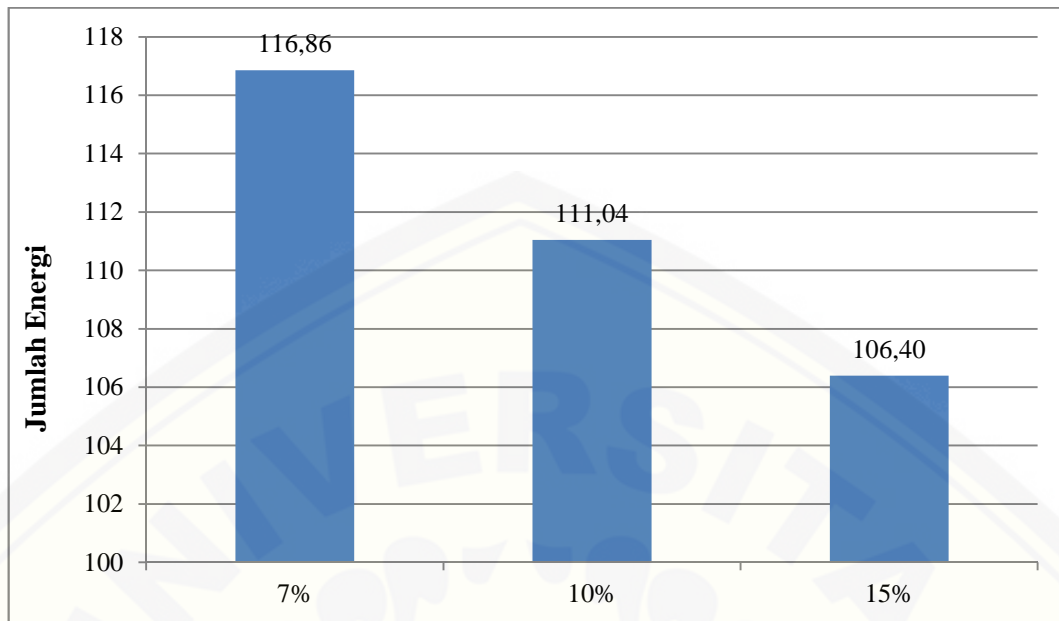
Dari Tabel 4.5 hasil pengujian analisis keragaman mengenai laju pembakaran briket diperoleh hasil $F_{\text{Hitung}} > F_{\text{Tabel 5\%}} > F_{\text{Tabel 1\%}}$. Hasil tersebut membuktikan bahwa nilai laju pembakaran yang dihasilkan untuk semua perlakuan mempunyai perbedaan yang nyata sehingga dalam menentukan penggunaan jumlah penggunaan perekat briket perlu diperhatikan karena akan dapat mempengaruhi nilai terhadap hasil laju pembakaran pada briket yang dihasilkan.

4.2.5 Jumlah energi output

Jumlah energi merupakan hal yang juga berpengaruh terhadap kualitas briket yang dihasilkan. Karena semakin besar energi yang dapat dihasilkan oleh pembakaran suatu briket maka semakin bagus kualitas briket. Pada penelitian yang dilakukan terdapat perbedaan hasil jumlah energi antar tiap perlakuan. Berikut pada Gambar 4.6 disajikan grafik perbandingan jumlah energi briket antar perlakuan dan Gambar 4.7 grafik jumlah energi dari penelitian yang dilakukan oleh Patabang, 2012.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan jumlah energi briket



Gambar 4.7 Grafik perbandingan jumlah energi briket oleh Patabang, 2012

Berdasarkan Gambar 4.6 perbandingan jumlah energi briket terlihat hasil yang tidak terlampau jauh berbeda. Nilai rata-rata energi pada P1 = 179 kJ, P2 = 140 kJ, P3 = 188 kJ, dan P4 = 169 kJ. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa pada P3 mempunyai nilai jumlah energi tertinggi. Karena P3 mempunyai pengukuran suhu yang lebih tinggi daripada briket perlakuan lain. Selain itu ketepatan perlakuan yang diberlakukan yaitu komposisi karbon dengan jumlah perekat yang digunakan sangat mempengaruhi nilai jumlah energi yang dihasilkan oleh pembakaran briket.

Berdasarkan data yang diperoleh terdapat perbedaan nilai jumlah energi. Perbedaan nilai jumlah energi yang dihasilkan tersebut perlu dilakukan pengujian ANOVA untuk membuktikan perbedaan yang terjadi antara perlakuan yang ada. Pengujian ANOVA tersebut disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil pengujian ANOVA jumlah energi output

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel	
					1%	5%
Jumlah Energi Galat	3873,45	3	1291,15	1,12	7,59	4,07
	9184,56	8	1148,07			
Total	13058,01	11				

Sumber : Data diolah 2014

Pada Tabel 4.6 hasil pengujian analisis keragaman mengenai jumlah energi didapatkan hasil $F_{Hitung} < F_{Tabel 5\%} < F_{Tabel 1\%}$. Hasil tersebut membuktikan bahwa nilai jumlah energi yang dihasilkan dari semua perlakuan mempunyai perbedaan yang tidak nyata antar tiap perlakuan sehingga dalam penambahan jumlah perekat yang digunakan pada briket, jumlah energi output yang dihasilkan akan mempunyai perbedaan yang tidak nyata.

Untuk mengetahui hasil pengujian briket dari semua perlakuan sehingga setiap nilai yang ditampilkan dapat dibandingkan dengan hasil tiap perlakuan. Adapun hasil keseluruhan dari pengujian variasi jumlah bahan perekat yang digunakan pada briket arang sekam padi disajikan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Hasil keseluruhan pengujian yang telah dilakukan

Pengujian yang dilakukan	Perlakuan perekat			
	5%	10%	15%	20%
Kadar air (%)	6,41	6,25	7,09	5,80
Suhu pembakaran briket rata-rata (°C)	88,97	96,17	134,65	109,97
Suhu air rata-rata pada panci (°C)	52,90	55,12	55,25	53,08
Laju pembakaran (gram/s)	0,0154	0,0155	0,0110	0,096
Jumlah energi output (kJ)	179,00	140,00	188,00	169,00

Sumber : Data diolah 2014

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian berjudul uji variasi kadar perekat briket arang sekam padi didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran kadar air pada keseluruhan briket menunjukkan bahwa briket dengan perlakuan variasi bahan perekat mempunyai kadar air yang sudah memenuhi SNI nomor 01-6235-2000 yaitu tidak lebih dari 8%. Kadar air yang dihasilkan yaitu briket dengan perekat 5% = 6,41%; briket perekat 10% = 6,25%; briket perekat 15% = 7,09%; dan briket perekat 20% = 5,80%. Sedangkan untuk pengujian suhu maksimal tertinggi briket adalah briket dengan perlakuan perekat 15% yaitu sebesar 202,33 °C dengan suhu air rata-rata didalam panci sebesar 55,25 °C. Hasil pengujian jumlah energi briket adalah sebagai berikut: briket perekat 5% = 179 kJ, 10% = 140 kJ, 15% = 188 kJ, dan 20% = 169 kJ.
2. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap perlakuan, briket dengan komposisi 85% arang sekam : 15% perekat mempunyai kualitas terbaik karena mampu menghasilkan kalor tertinggi yaitu sebesar 188 kJ dengan suhu maksimal briket sebesar 202,33 °C.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yaitu :

1. Perlu adanya penelitian tentang ukuran ayakan yang tepat agar dapat diketahui ukuran bahan yang tepat untuk membuat briket lebih kokoh.
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dengan lingkungan yang dikondisikan sehingga data yang diperoleh semakin valid
3. Silinder pres pada penelitian ini kurang sempurna sehingga perlu dilakukan perancangan ulang silinder pres agar diperoleh hasil briket yang lebih baik.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai variasi kadar perekat yang digunakan serta jumlah kalor yang dihasilkan.

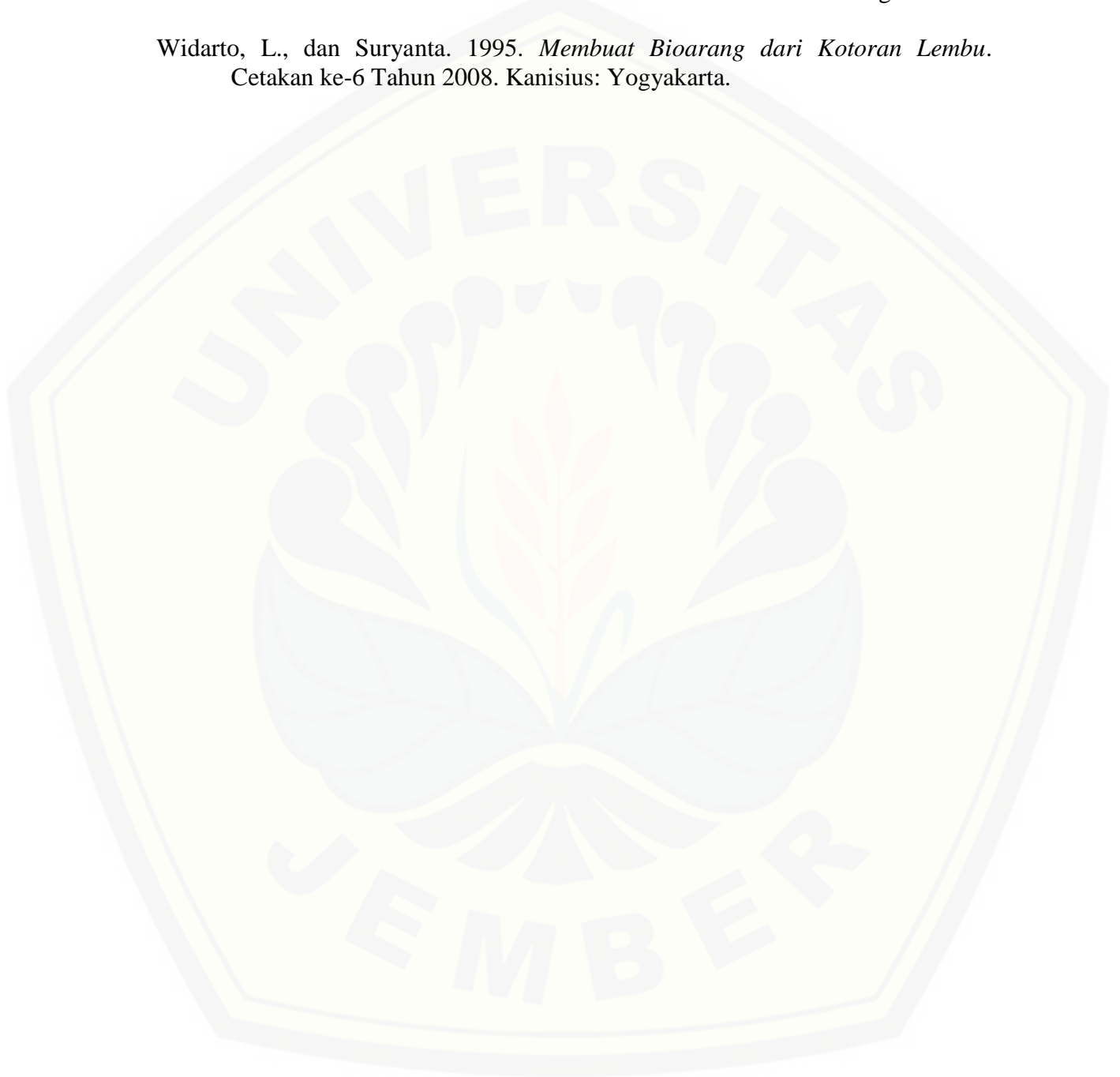
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Irwanto, Siregar, Agustina, Tambunan, Yamin, Hartulistiyoso, Purwanto, Wulandani, dan Nelwan. 1998. *Energi dan Elektrifikasi Pertanian*. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi IPB: Bogor.
- Agustina, S. E. 2003. *Potensi Pemanfaatan Limbah Pertanian, Perkebunan dan Agroindustri Sebagai Sumber Energi Alternatif Melalui Teknologi Briketting*. Fateta IPB: Bogor.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. *Wood Charcoal Briquette*. SNI 01.6235-2000. Jakarta.
- Belonio, A. T. 2005. *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Department of Agriculture Engineering and Environment Management Collage of Agriculture Central Philippine University: Iloilo City.
- Kurniawan, O. dan Marsono. 2008. *Superkarbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Cetakan 1. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Mardwianta, B. 2011. Laju Pembakaran Briket Batubara Berbentuk Silinder dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Pembakaran. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto. *Jurnal Teknik Mesin*. Cetakan : 1 Vol : 3. Yogyakarta.
- Natarajan, E., A. Nordin, dan A.N. Rao. 1998. *Overview of Combustion and Gasification of Rice Husk in Fluidized Bed Reactors*. *Biomass and Bioenergy* ;14(5-6): hal. 533-546.
- Pari, G., dan Hartoyo. 1983. *Beberapa Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Limbah Arang Aktif*. Puslitbang Hasil Hutan: Bogor.
- Prihandana, R., dan Hendroko, R. 2007. *Energi Hijau*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Schuchart, Wulfert, Darmoko, Darmosarkoro, dan Sutara. 1996. *Pedoman Teknis Pembuatan Briket Bioarang*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Dephut Sumatera Utara: Medan.
- Silalahi. 2000. *Penelitian Pembuatan Briket Kayu dari Serbuk Gergajian Kayu*. Hasil Penelitian Industri DEPERINDAG: Bogor.
- Sinurat, E. 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurusan Mesin Fakultas Teknik. UNHAS.

Sudrajat, R. 1983. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat, dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Arang Briket*. Laporan LPHH No. 165: Bogor.

Suhaemi, Z. 2011. *Metode Penelitian dan Rancangan Percobaan*. Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian. Uniiversitas Tamansiswa: Padang.

Widarto, L., dan Suryanta. 1995. *Membuat Bioarang dari Kotoran Lembu*. Cetakan ke-6 Tahun 2008. Kanisius: Yogyakarta.



LAMPIRAN A. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P1 (PEREKAT 5%)

1. Kadar air briket

Perlakuan perekat	Pengulangan	Wadah (gram)	Wadah+bahan (gram)	
			Sebelum oven	Setelah oven
5%	1	3,84	6,01	5,89
	2	3,84	8,61	8,31
	3	3,84	7,20	6,99

$$\text{Kadar Air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{(6,01 - 3,84) - (5,89 - 3,84)}{(5,89 - 3,84)} \times 100\% \\ &= 5,85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= \frac{(8,61 - 3,84) - (8,31 - 3,84)}{(8,31 - 3,84)} \times 100\% \\ &= 6,71\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= \frac{(7,20 - 3,84) - (6,99 - 3,84)}{(6,99 - 3,84)} \times 100\% \\ &= 6,67\% \end{aligned}$$

$$\text{KA rata-rata} = \frac{(5,85 + 6,71 + 6,67)}{3} = 6,41\%$$

2. Pengujian suhu pembakaran briket

Waktu (menit)	Pengulangan (°C)			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	34	31	41	35,33	5,13
10	64	46	170	93,33	67,00
15	75	48	156	93,00	56,20
20	79	67	180	108,67	62,07
25	94	85	186	121,67	55,90
30	97	90	178	121,67	48,91
35	80	98	152	110,00	37,47
40	74	101	184	119,67	57,33
45	60	103	124	95,67	32,62
50	53	85	188	108,67	70,54
55	67	63	141	90,33	43,92
60	43	54	147	81,33	57,13
65	36	52	60	49,33	12,22
70	-	42	42	42,00	0
75	-	-	33	33,00	-
Min	34	31	33	33,00	0
Max	97	103	188	121,67	70,54

3. Pengujian suhu air dalam panci

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	24	28	27	26,33	2,08
10	25	30	34	29,67	4,51
15	26	35	46	35,67	10,02
20	30	36	57	41,00	14,18
25	35	38	65	46,00	16,52
30	40	45	69	51,33	15,50
35	56	58	70	61,33	7,57
40	55	60	71	62,00	8,19
45	50	62	73	61,67	11,50
50	59	66	73	66,00	7,00
55	59	69	76	68,00	8,54
60	57	71	74	67,33	9,07
65	55	72	72	66,33	9,81
70	-	69	64	66,50	3,54
75	-	-	59	59,00	-
Min	24	28	27	26,33	2,08
Max	59	72	76	68,00	8,89

4. Laju pembakaran

Perlakuan perekat	Pengulangan	Berat briket (gram)	Waktu pembakaran (s)
5%	1	60	3600
	2	60	3900
	3	60	4200

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{massa briket(gram)}}{\text{waktu pembakaran(s)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{60 \text{ gram}}{3600 \text{ s}} \\ &= 0,0167 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= \frac{60 \text{ gram}}{3900 \text{ s}} \\ &= 0,0154 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= \frac{60 \text{ gram}}{4200 \text{ s}} \\ &= 0,0143 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\text{Laju pembakaran rata-rata} = \frac{(0,0167+0,0154+0,0143)}{3} = 0,0154 \text{ gram/s}$$

5. Jumlah energi

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= 1 \times 4,2 \times (59 - 24) \\ &= 147 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= 1 \times 4,2 \times (72 - 28) \\ &= 185 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= 1 \times 4,2 \times (76 - 27) \\ &= 206 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah energi rata-rata} = \frac{(147+185+206)}{3} = 179 \text{ kJ}$$

LAMPIRAN B. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P2 (PEREKAT 10%)

1. Kadar air briket

Perlakuan perekat	Pengulangan	Wadah (gram)	Wadah+bahan (gram)	
			Sebelum oven	Setelah oven
10%	1	3,98	8,04	7,80
	2	3,99	5,76	5,66
	3	3,99	6,45	6,30

$$\text{Kadar Air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{(8,04 - 3,98) - (7,8 - 3,98)}{(7,8 - 3,98)} \times 100\% \\ &= 6,28 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= \frac{(5,76 - 3,99) - (5,66 - 3,99)}{(5,66 - 3,99)} \times 100\% \\ &= 5,99 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= \frac{(6,45 - 3,99) - (6,3 - 3,99)}{(6,3 - 3,99)} \times 100\% \\ &= 6,49 \% \end{aligned}$$

$$\text{KA rata-rata} = \frac{(6,28 + 5,99 + 6,49)}{3} = 6,25 \%$$

2. Pengujian suhu pembakaran briket

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	34	120	164	106,00	66,12
10	67	129	167	121,00	50,48
15	87	183	217	162,33	67,42
20	84	224	203	170,33	75,50
25	162	230	215	202,33	35,73
30	197	190	218	201,67	14,57
35	191	202	171	188,00	15,72
40	173	207	188	189,33	17,04
45	183	183	152	172,67	17,90
50	184	173	142	166,33	21,78
55	166	155	107	142,67	31,37
60	134	159	100	131,00	29,61
65	125	119	103	115,67	11,37
70	112	109	89	103,33	12,50
75	93	123	73	96,33	25,17
80	99	113	62	91,33	26,35
85	71	105	51	75,67	27,30
90	67	85	-	76,00	12,73
95	75	80	-	77,50	3,54
100	58	73	-	65,50	10,61
105	-	49	-	49,00	-
Min	34	49	51	49,00	3,54
Max	197	230	218	202,33	75,50

3. Pengujian suhu air dalam panci

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	25	30	29	28,00	2,65
10	28	32	33	31,00	2,65
15	31	36	41	36,00	5,00
20	37	44	52	44,33	7,51
25	40	56	59	51,67	10,21
30	41	61	67	56,33	13,61
35	55	65	74	64,67	9,50
40	43	69	78	63,33	18,18
45	44	73	81	66,00	19,47
50	45	76	83	68,00	20,22
55	37	78	80	65,00	24,27
60	36	80	79	65,00	25,12
65	35	79	78	64,00	25,12
70	35	77	76	62,67	23,97
75	36	76	74	62,00	22,54
80	33	74	73	60,00	23,39
85	34	72	70	58,67	21,39
90	32	70	-	51,00	26,87
95	31	67	-	49,00	25,46
100	33	61	-	47,00	19,80
105	-	59	-	59,00	-
Min	25	30	29	28,00	2,65
Max	55	80	83	68,00	26,87

4. Laju pembakaran

Perlakuan perekat	Pengulangan		Berat briket (gram)	Waktu pembakaran (s)
	1	2		
10%	1	62	5100	
	2	62	3600	
	3	62	3600	

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{massa briket(gram)}}{\text{waktu pembakaran(s)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{62 \text{ gram}}{5100 \text{ s}} \\ &= 0,0122 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= \frac{62 \text{ gram}}{3600 \text{ s}} \\ &= 0,0172 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 3} &= \frac{62 \text{ gram}}{3600 \text{ s}} \\ &= 0,0172 \text{ gram/s}\end{aligned}$$

$$\text{Laju pembakaran rata-rata} = \frac{(0,0122+0,0172+0,0172)}{3} = 0,0155 \text{ gram/s}$$

5. Jumlah energi

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 1} &= 1 \times 4,2 \times (61 - 26) \\ &= 118 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 2} &= 1 \times 4,2 \times (74 - 28) \\ &= 147 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 3} &= 1 \times 4,2 \times (74 - 28) \\ &= 155 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah energi rata-rata} = \frac{(118+147+155)}{3} = 140 \text{ kJ}$$

LAMPIRAN C. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P3 (PEREKAT 15%)

1. Kadar air briket

Perlakuan perekat	Pengulangan	Wadah (gram)	Wadah+bahan (gram)	
			Sebelum oven	Setelah oven
15%	1	4,64	10,02	9,64
	2	4,58	9,51	9,2
	3	4,57	7,49	7,3

$$\text{Kadar Air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{(10,02 - 4,64) - (9,64 - 4,64)}{(9,64 - 4,64)} \times 100\%$$

$$= 7,6 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{(9,51 - 4,58) - (9,21 - 4,58)}{(9,21 - 4,58)} \times 100\%$$

$$= 6,71 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{(7,49 - 4,57) - (7,3 - 4,57)}{(7,3 - 4,57)} \times 100\%$$

$$= 6,96 \%$$

$$\text{KA rata-rata} = \frac{(7,6 + 6,71 + 6,96)}{3} = 7,09 \%$$

2. Pengujian suhu pembakaran briket

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	34	120	164	106,00	66,12
10	67	129	167	121,00	50,48
15	87	183	217	162,33	67,42
20	84	224	203	170,33	75,50
25	162	230	215	202,33	35,73
30	197	190	218	201,67	14,57
35	191	202	171	188,00	15,72
40	173	207	188	189,33	17,04
45	183	183	152	172,67	17,90
50	184	173	142	166,33	21,78
55	166	155	107	142,67	31,37
60	134	159	100	131,00	29,61
65	125	119	103	115,67	11,37
70	112	109	89	103,33	12,50
75	93	123	73	96,33	25,17
80	99	113	62	91,33	26,35
85	71	105	51	75,67	27,30
90	67	85	-	76,00	12,73
95	75	80	-	77,50	3,54
100	58	73	-	65,50	10,61
105	-	49	-	49,00	-
Min	34	49	51	49,00	3,54
Max	197	230	218	202,33	75,50

3. Pengujian suhu air dalam panci

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	25	30	29	28,00	2,65
10	28	32	33	31,00	2,65
15	31	36	41	36,00	5,00
20	37	44	52	44,33	7,51
25	40	56	59	51,67	10,21
30	41	61	67	56,33	13,61
35	55	65	74	64,67	9,50
40	43	69	78	63,33	18,18
45	44	73	81	66,00	19,47
50	45	76	83	68,00	20,22
55	37	78	80	65,00	24,27
60	36	80	79	65,00	25,12
65	35	79	78	64,00	25,12
70	35	77	76	62,67	23,97
75	36	76	74	62,00	22,54
80	33	74	73	60,00	23,39
85	34	72	70	58,67	21,39
90	32	70	-	51,00	26,87
95	31	67	-	49,00	25,46
100	33	61	-	47,00	19,80
105	-	59	-	59,00	-
Min	25	30	29	28,00	2,65
Max	55	80	83	68,00	26,87

4. Laju pembakaran

Perlakuan perekat	Pengulangan	Berat briket (gram)	Waktu pembakaran (s)
15%	1	60	5700
	2	60	6000
	3	60	4800

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{massa briket(gram)}}{\text{waktu pembakaran(s)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{60 \text{ gram}}{5700 \text{ s}} \\ &= 0,0105 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= \frac{60 \text{ gram}}{6000 \text{ s}} \\ &= 0,0100 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= \frac{60 \text{ gram}}{4800 \text{ s}} \\ &= 0,0125 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\text{Laju pembakaran rata-rata} = \frac{(0,0105+0,0100+0,0125)}{3} = 0,0110 \text{ gram/s}$$

5. Jumlah energi

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= 1 \times 4,2 \times (55 - 25) \\ &= 126 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= 1 \times 4,2 \times (80 - 30) \\ &= 210 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= 1 \times 4,2 \times (83 - 29) \\ &= 227 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah energi rata-rata} = \frac{(126+210+227)}{3} = 188 \text{ kJ}$$

LAMPIRAN D. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P4 (PEREKAT 20%)

1. Kadar air briket

Perlakuan perekat	Pengulangan	Wadah (gram)	Wadah+bahan (gram)	
			Sebelum oven	Setelah oven
20%	1	3,94	8,56	8,31
	2	3,94	5,66	5,57
	3	3,94	5,32	5,24

$$\text{Kadar Air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{(8,562 - 3,94) - (8,31 - 3,94)}{(8,31 - 3,94)} \times 100\% \\ &= 5,72\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 2} &= \frac{(5,66 - 3,94) - (5,57 - 3,94)}{(5,57 - 3,94)} \times 100\% \\ &= 5,52\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 3} &= \frac{(5,32 - 3,94) - (5,24 - 3,94)}{(5,24 - 3,94)} \times 100\% \\ &= 6,15\% \end{aligned}$$

$$\text{KA rata-rata} = \frac{(5,72 + 5,52 + 6,15)}{3} = 5,8\%$$

2. Pengujian suhu pembakaran briket

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	67	81	133	93,67	34,78
10	166	84	143	131,00	42,30
15	182	85	221	162,67	70,03
20	201	68	148	139,00	66,96
25	199	85	138	140,67	57,05
30	163	107	135	135,00	28,00
35	142	146	139	142,33	3,51
40	147	147	155	149,67	4,62
45	142	142	140	141,33	1,15
50	121	146	204	157,00	42,58
55	115	150	154	139,67	21,46
60	116	131	122	123,00	7,55
65	94	124	111	109,67	15,04
70	92	126	100	106,00	17,78
75	86	95	96	92,33	5,51
80	72	84	81	79,00	6,24
85	79	72	82	77,67	5,13
90	80	60	62	67,33	11,02
95	54	64	62	60,00	5,29
100	43	57	53	51,00	7,21
105	41	66	44	50,33	13,65
110	-	41	-	41,00	-
115	-	33	-	33,00	-
Min	41	33	44	33,00	1,15
Max	201	150	221	162,67	70,03

3. Pengujian suhu air dalam panci

Waktu (menit)	Pengulangan			Rata-rata	Std
	1	2	3		
5	24	28	24	25,33	2,31
10	29	31	29	29,67	1,15
15	33	34	36	34,33	1,53
20	38	35	39	37,33	2,08
25	45	35	43	41,00	5,29
30	48	41	47	45,33	3,79
35	53	47	52	50,67	3,21
40	58	48	55	53,67	5,13
45	62	51	59	57,33	5,69
50	64	56	64	61,33	4,62
55	65	59	66	63,33	3,79
60	66	60	68	64,67	4,16
65	65	61	67	64,33	3,06
70	66	62	66	64,67	2,31
75	62	63	66	63,67	2,00
80	61	63	65	63,00	2,00
85	61	62	63	62,00	1,00
90	60	58	58	58,67	1,15
95	59	59	53	57,00	3,46
100	57	58	61	58,67	2,08
105	55	56	60	57,00	2,65
110	-	55	-	55,00	-
115	-	52	-	52,00	-
Min	24	28	24	25,33	2,31
Max	66	63	68	64,67	2,52

4. Laju pembakaran

Perlakuan perekat	Pengulangan	Berat briket (gram)	Waktu pembakaran (s)
20%	1	61	6000
	2	61	6600
	3	61	6600

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{massa briket(gram)}}{\text{waktu pembakaran(s)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengulangan 1} &= \frac{61 \text{ gram}}{6000 \text{ s}} \\ &= 0,0102 \text{ gram/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 2} &= \frac{61 \text{ gram}}{6600 \text{ s}} \\ &= 0,0092 \text{ gram/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 3} &= \frac{61 \text{ gram}}{6600 \text{ s}} \\ &= 0,0092 \text{ gram/s}\end{aligned}$$

$$\text{Laju pembakaran rata-rata} = \frac{(0,0102+0,0092+0,0092)}{3} = 0,0096 \text{ gram/s}$$

5. Jumlah energi

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 1} &= 1 \times 4,2 \times (66 - 24) \\ &= 176 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 2} &= 1 \times 4,2 \times (63 - 28) \\ &= 147 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengulangan 3} &= 1 \times 4,2 \times (68 - 24) \\ &= 185 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah energi rata-rata} = \frac{(176+147+185)}{3} = 169 \text{ kJ}$$

LAMPIRAN E. PERHITUNGAN ANOVA

1. ANOVA kadar air

Pengulangan	P1	P2	P3	P4
1	5,85	6,28	7,60	5,72
2	6,71	5,99	6,71	5,52
3	6,67	6,49	6,96	6,15
rata-rata	6,41	6,25	7,09	5,80
Stdev	0,49	0,25	0,46	0,32

$$\begin{aligned}
 JKT &= (P1_1^2 + P1_2^2 + P1_3^2 + P2_1^2 + P2_2^2 + P2_3^2 + P3_1^2 + P3_2^2 + P3_3^2 + P4_1^2 + P4_2^2 + P4_3^2) \\
 &- ((P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2 / 12) \\
 &= (5,85^2 + 6,71^2 + 6,67^2 + 6,28^2 + 5,99^2 + 6,49^2 + 7,60^2 + 6,71^2 + 6,96^2 + 5,72^2 + 5,52^2 + 6,15^2) \\
 &- \left(\frac{(5,85 + 6,71 + 6,67 + 6,28 + 5,99 + 6,49 + 7,60 + 6,71 + 6,96 + 5,72 + 5,52 + 6,15)^2}{12} \right) \\
 &= 493,41 - 489,60 = 3,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \left(\left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P2_1 + P2_2 + P2_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P3_1 + P3_2 + P3_3)^2}{3} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{12} \right) \\
 &= \left(\left(\frac{(5,85 + 6,71 + 6,67)^2}{3} \right) + \left(\frac{(6,28 + 5,99 + 6,49)^2}{3} \right) + \left(\frac{(7,60 + 6,71 + 6,96)^2}{3} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(5,72 + 5,52 + 6,15)^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(5,85 + 6,71 + 6,67 + 6,28 + 5,99 + 6,49 + 7,60 + 6,71 + 6,96 + 5,72 + 5,52 + 6,15)^2}{12} \right) \\
 &= (123,26 + 117,31 + 150,80 + 100,80) - 489,60 \\
 &= 492,19 - 489,60 = 2,58
 \end{aligned}$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 3,81 - 2,58 = 1,23$$

$$KTP = \frac{JKP}{(4-1)}$$

$$= \frac{2,58}{(4-1)} = 0,86$$

$$KTG = \frac{JKG}{(12-4)}$$

$$= \frac{1,23}{(12-4)} = 0,15$$

$$F_{hit} = \frac{KTP}{KTG}$$

$$= \frac{0,86}{0,15} = 0,05$$

2. ANOVA suhu pembakaran briket

Pengulangan	P1	P2	P3	P4
1	65,85	95,06	118,10	114,38
2	68,93	101,85	143,38	95,39
3	132,13	91,62	142,47	120,14
rata-rata	88,97	96,17	134,65	109,97
Stdev	37,41	5,21	14,34	12,95

$$JKT = (P1_1^2 + P1_2^2 + P1_3^2 + P2_1^2 + P2_2^2 + P2_3^2 + P3_1^2 + P3_2^2 + P3_3^2 + P4_1^2 + P4_2^2 + P4_3^2) - ((P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2 / 12)$$

$$= (65,85^2 + 68,93^2 + 132,13^2 + 95,06^2 + 101,85^2 + 91,62^2 + 118,10^2 + 143,38^2 + 142,47^2 + 114,38^2 + 95,39^2 + 120,14^2) - \left(\frac{(65,85 + 68,93 + 132,13 + 95,06 + 101,85 + 91,62 + 118,10 + 143,38 + 142,47 + 114,38 + 95,39 + 120,14)^2}{12} \right)$$

$$= 145768,04 - 138522,78 = 7245,26$$

$$JKP = \left(\left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P2_1 + P2_2 + P2_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P3_1 + P3_2 + P3_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{12} \right)$$

$$= \left(\left(\frac{(65,85 + 68,93 + 132,13)^2}{3} \right) + \left(\frac{(95,06 + 101,85 + 91,62)^2}{3} \right) + \left(\frac{(118,10 + 143,38 + 142,47)^2}{3} \right) + \left(\frac{(114,38 + 95,39 + 120,14)^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(65,85 + 68,93 + 132,13 + 95,06 + 101,85 + 91,62 + 118,10 + 143,38 + 142,47 + 114,38 + 95,39 + 120,14)^2}{12} \right)$$

$$= (23746,64 + 27747,37 + 54392,28 + 36281,33) - 138522,78$$

$$= 142167,62 - 138522,78 = 3644,84$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 7245,26 - 3644,84 = 3600,43$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{(4-1)} \\ &= \frac{3644,84}{(4-1)} = 1214,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{(12-4)} \\ &= \frac{3600,43}{(12-4)} = 450,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hit} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{1214,95}{450,05} = 2,70 \end{aligned}$$

3. ANOVA suhu air pada panci

Pengulangan	P1	P2	P3	P4
1	43,92	47,89	36,55	53,86
2	52,79	60,08	63,57	51,04
3	62,00	57,38	66,29	54,33
rata-rata	52,90	55,12	55,47	53,08
Stdev	9,04	6,40	16,44	1,78

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= (P1_1^2 + P1_2^2 + P1_3^2 + P2_1^2 + P2_2^2 + P2_3^2 + P3_1^2 + P3_2^2 + P3_3^2 + P4_1^2 + P4_2^2 + P4_3^2) \\ &\quad - ((P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2 / 12) \\ &= (43,92^2 + 52,79^2 + 62,00^2 + 47,89^2 + 60,08^2 + 57,38^2 + 36,55^2 + 63,57^2 + 66,29^2 + 53,86^2 \\ &\quad + 51,04^2 + 54,33^2) - \\ &\quad \left(\frac{(43,92 + 52,79 + 62,00 + 47,89 + 60,08 + 57,38 + 36,55 + 63,57 + 66,29 + 53,86 + 51,04 + 54,33)^2}{12} \right) \\ &= 35985,42 - 35176,78 = 808,64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left(\left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P2_1 + P2_2 + P2_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P3_1 + P3_2 + P3_3)^2}{3} \right) + \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{(P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{12} \right) \\ &= \left(\left(\frac{(5,85 + 6,71 + 6,67)^2}{3} \right) + \left(\frac{(6,28 + 5,99 + 6,49)^2}{3} \right) + \left(\frac{(7,60 + 6,71 + 6,96)^2}{3} \right) + \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{(5,72 + 5,52 + 6,15)^2}{3} \right) \right) - \\ &\quad \left(\frac{(5,85 + 6,71 + 6,67 + 6,28 + 5,99 + 6,49 + 7,60 + 6,71 + 6,96 + 5,72 + 5,52 + 6,15)^2}{12} \right) \\ &= (8396,16 + 911359 + 9231,38 + 8451,82) - 35176,78 \end{aligned}$$

$$= 35192,94 - 35176,78 = 16,16$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 808,64 - 16,16 = 792,48$$

$$KTP = \frac{JKP}{(4-1)}$$

$$= \frac{792,48}{(4-1)} = 5,39$$

$$KTG = \frac{JKG}{(12-4)}$$

$$= \frac{792,48}{(12-4)} = 99,06$$

$$F \text{ hit} = \frac{KTP}{KTG}$$

$$= \frac{5,39}{99,06} = 0,05$$

4. ANOVA laju pembakaran

Pengulangan	P1	P2	P3	P4
1	0,0167	0,0122	0,0105	0,0102
2	0,0154	0,0172	0,0100	0,0092
3	0,0143	0,0172	0,0125	0,0092
rata2	0,0154	0,0155	0,0110	0,0096
Stdev	0,0012	0,0029	0,0013	0,0005

$$JKT = (P1_1^2 + P1_2^2 + P1_3^2 + P2_1^2 + P2_2^2 + P2_3^2 + P3_1^2 + P3_2^2 + P3_3^2 + P4_1^2 + P4_2^2 + P4_3^2)$$

$$- ((P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2) / 12$$

$$= (0,0167^2 + 0,0154^2 + 0,0143^2 + 0,0122^2 + 0,0172^2 + 0,0172^2 + 0,0105^2 + 0,0100^2 + 0,0102^2 + 0,0092^2 + 0,0092^2) -$$

$$\left(\frac{(0,0167 + 0,0154 + 0,0143 + 0,0122 + 0,0172 + 0,0172 + 0,0105 + 0,0100 + 0,0125 + 0,0102 + 0,0092 + 0,0092)^2}{12} \right)$$

$$= 0,0021 - 0,0020 = 1,09 \times 10^{-4}$$

$$JKP = \left(\left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P2_1 + P2_2 + P2_3)^2}{3} \right) + \left(\frac{(P3_1 + P3_2 + P3_3)^2}{3} \right) + \right.$$

$$\left. \left(\frac{(P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{3} \right) \right) -$$

$$\left(\frac{(P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3)^2}{12} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\left(\frac{(0,0167+0,0154+0,0143)^2}{3} \right) + \left(\frac{(0,0122+0,0172+0,0172)^2}{3} \right) + \right. \\
&\quad \left. \left(\frac{(0,0105+0,0100+0,0125)^2}{3} \right) + \left(\frac{(0,0102+0,0092+0,0092)^2}{3} \right) \right) - \\
&\quad \left(\frac{(0,016+0,0154+0,0143+0,0122+0,0172+0,0172+0,0105+0,0100+0,0125+0,0102+0,0092+0,0092)^2}{12} \right) \\
&= (0,0007 + 0,0007 + 0,0004 + 0,0003) - 0,0001 \\
&= 0,00208 - 0,00199 = 8,46 \times 10^{-5}
\end{aligned}$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP}$$

$$= 0,0001 - 0,000085 = 2,40 \times 10^{-5}$$

$$\text{KTP} = \frac{\text{JKP}}{(4-1)}$$

$$= \frac{0,0001}{(4-1)} = 2,82 \times 10^{-5}$$

$$\text{KTG} = \frac{\text{JKG}}{(12-4)}$$

$$= \frac{0,00002}{(12-4)} = 3,00 \times 10^{-6}$$

$$F_{\text{hit}} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$$

$$= \frac{0,000028}{0,000003} = 9,408$$

5. ANOVA jumlah energi

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	
1		147	118	126	176
2		185	147	210	147
3		206	155	227	185
rata2		179	140	188	169
Stdev		29,80	19,85	54,00	19,85

$$\begin{aligned}
\text{JKT} &= (P1_1^2 + P1_2^2 + P1_3^2 + P2_1^2 + P2_2^2 + P2_3^2 + P3_1^2 + P3_2^2 + P3_3^2 + P4_1^2 + P4_2^2 + P4_3^2) \\
&\quad - \left(\frac{P1_1 + P1_2 + P1_3 + P2_1 + P2_2 + P2_3 + P3_1 + P3_2 + P3_3 + P4_1 + P4_2 + P4_3}{12} \right)^2 \\
&= (147^2 + 185^2 + 206^2 + 118^2 + 147^2 + 155^2 + 126^2 + 210^2 + 227^2 + 176^2 + 147^2 + 185^2) - \\
&\quad \left(\frac{(147+185+206+118+147+155+126+210+227+176+147+185)^2}{12} \right) \\
&= 355992,84 - 342934,83 = 13058,01
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \left(\left(\frac{(P_{11}+P_{12}+P_{13})^2}{3} \right) + \left(\frac{(P_{21}+P_{22}+P_{23})^2}{3} \right) + \left(\frac{(P_{31}+P_{32}+P_{33})^2}{3} \right) + \right. \\
 &\quad \left. \left(\frac{(P_{41}+P_{42}+P_{43})^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(P_{11}+P_{12}+P_{13}+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{31}+P_{32}+P_{33}+P_{41}+P_{42}+P_{43})^2}{12} \right) \\
 &= \left(\left(\frac{(147+185+206)^2}{3} \right) + \left(\frac{(118+147+155)^2}{3} \right) + \left(\frac{(126+210+227)^2}{3} \right) + \right. \\
 &\quad \left. \left(\frac{(176+147+185)^2}{3} \right) \right) - \left(\frac{(147+185+206+118+147+155+126+210+227+176+147+185)^2}{12} \right) \\
 &= (96337,92 + 58800 + 105581,28 + 86089,08) - 342934,83 \\
 &= 346808,28 - 342934,83 = 3873,45
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 13058,01 - 3873,45 = 9184,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 KTP &= \frac{JKP}{(4-1)} \\
 &= \frac{3873,45}{(4-1)} = 1291,15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 KTG &= \frac{JKG}{(12-4)} \\
 &= \frac{9184,56}{(12-4)} = 1148,07
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F \text{ hit} &= \frac{KTP}{KTG} \\
 &= \frac{1291,15}{1148,07} = 1,125
 \end{aligned}$$

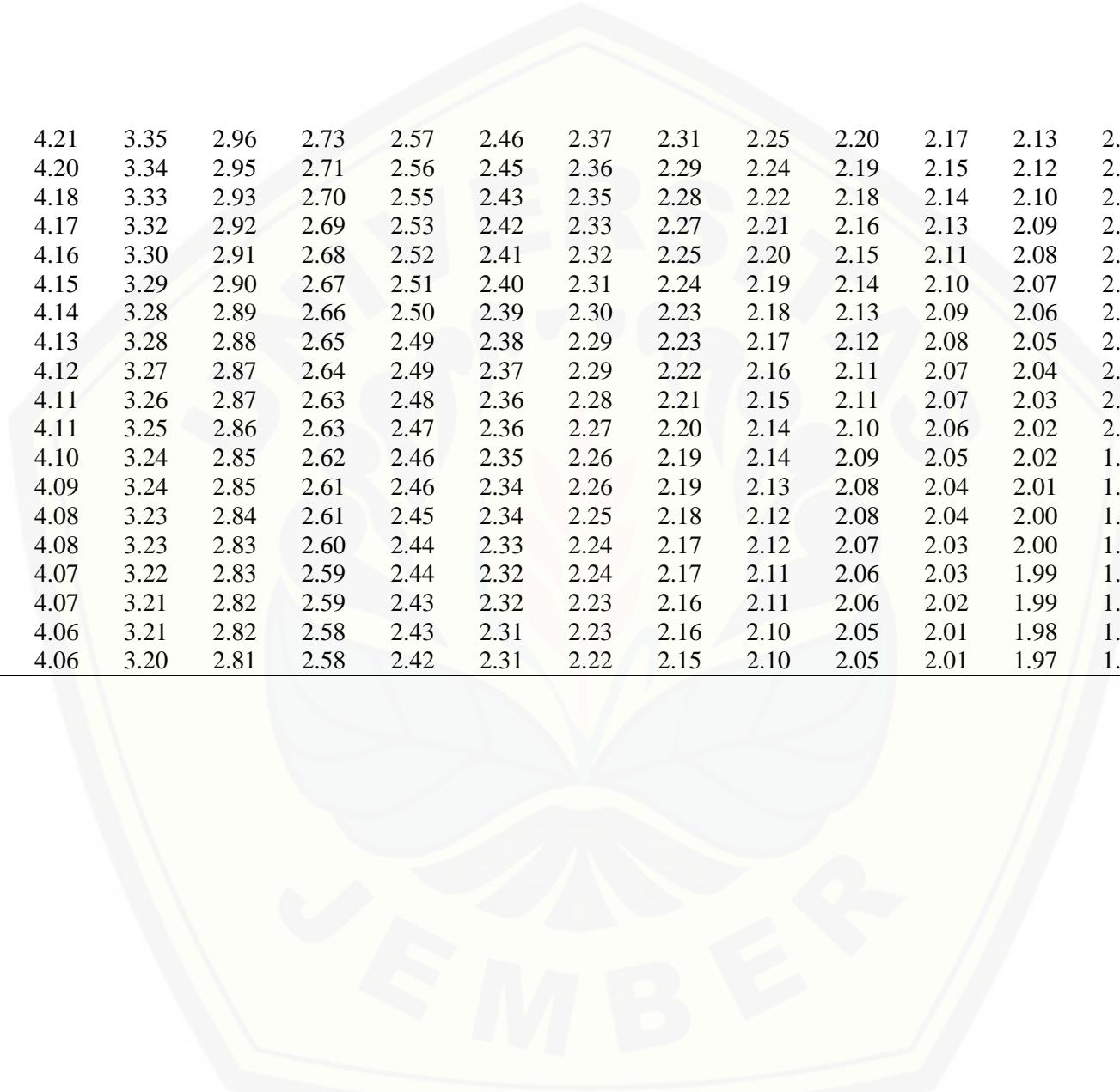
LAMPIRAN F. Tabel F

1. Titik Persentase Distribusi F untuk probabilita = 0,01

df2/df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000	df1/df2		
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.13	27.05	26.98	26.92	26.87	26.83	26.79	26.75	26.72	26.69	26.64	26.60	26.56	26.53	26.50	26.45	26.41	26.38	26.35	26.32	26.29	26.27	26.24	26.18	26.15	26.13	26.15	3		
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.31	14.25	14.20	14.15	14.11	14.06	14.05	14.02	13.97	13.93	13.89	13.86	13.84	13.79	13.75	13.71	13.69	13.65	13.63	13.61	13.58	13.52	13.49	13.47	13.47	4		
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.82	9.77	9.72	9.68	9.64	9.61	9.58	9.55	9.51	9.47	9.43	9.40	9.38	9.33	9.29	9.26	9.24	9.20	9.18	9.16	9.13	9.08	9.04	9.03	9.02	9.02	5	
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.66	7.61	7.56	7.52	7.48	7.45	7.42	7.40	7.35	7.31	7.28	7.25	7.23	7.18	7.14	7.11	7.09	7.06	7.03	7.01	6.99	6.93	6.90	6.89	6.89	6.89	6	
7	12.25	9.53	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.41	6.36	6.31	6.28	6.24	6.21	6.18	6.16	6.11	6.07	6.04	6.02	5.99	5.94	5.91	5.88	5.86	5.82	5.80	5.78	5.75	5.70	5.67	5.66	5.65	5.65	7	
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.73	5.67	5.61	5.56	5.52	5.48	5.44	5.41	5.38	5.36	5.32	5.28	5.25	5.22	5.20	5.15	5.12	5.09	5.07	5.03	5.01	4.99	4.96	4.91	4.88	4.87	4.86	4.86	8	
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.05	5.01	4.96	4.92	4.89	4.86	4.83	4.81	4.77	4.73	4.70	4.67	4.65	4.60	4.57	4.54	4.52	4.48	4.46	4.44	4.42	4.36	4.33	4.32	4.32	4.32	9	
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.77	4.71	4.65	4.60	4.56	4.52	4.49	4.46	4.43	4.41	4.36	4.33	4.30	4.27	4.25	4.20	4.17	4.14	4.12	4.08	4.06	4.04	4.01	3.96	3.93	3.92	3.91	3.91	10	
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.34	4.29	4.25	4.21	4.18	4.15	4.12	4.10	4.06	4.02	3.99	3.96	3.94	3.89	3.86	3.83	3.81	3.78	3.75	3.73	3.71	3.66	3.62	3.61	3.60	3.60	11	
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.10	4.05	4.01	3.97	3.94	3.91	3.88	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.70	3.65	3.62	3.59	3.57	3.54	3.51	3.49	3.47	3.41	3.38	3.37	3.36	3.36	12	
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.91	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.69	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53	3.51	3.46	3.43	3.40	3.38	3.34	3.32	3.30	3.27	3.22	3.19	3.18	3.17	3.17	13	
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.70	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.75	3.70	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53	3.51	3.46	3.43	3.40	3.37	3.35	3.30	3.27	3.24	3.22	3.18	3.16	3.14	3.11	3.06	3.03	3.01	3.01	3.01	14	
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.61	3.56	3.52	3.49	3.45	3.42	3.40	3.37	3.33	3.29	3.26	3.24	3.21	3.17	3.13	3.10	3.08	3.05	3.02	3.00	2.98	2.92	2.89	2.88	2.87	2.87	15	
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.62	3.55	3.50	3.45	3.41	3.37	3.34	3.31	3.28	3.26	3.22	3.18	3.15	3.12	3.10	3.05	3.02	2.99	2.97	2.93	2.91	2.89	2.86	2.81	2.78	2.76	2.75	2.75	2.75	16
17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.46	3.40	3.35	3.31	3.27	3.24	3.21	3.19	3.16	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.96	2.92	2.89	2.87	2.83	2.81	2.79	2.76	2.71	2.68	2.66	2.65	2.65	2.65	17
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.43	3.37	3.32	3.27	3.23	3.19	3.16	3.13	3.10	3.08	3.03	3.00	2.97	2.94	2.92	2.87	2.84	2.81	2.79	2.75	2.72	2.71	2.68	2.62	2.59	2.58	2.57	2.57	18	
19	8.19	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.24	3.19	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.96	2.92	2.89	2.87	2.84	2.80	2.76	2.73	2.71	2.67	2.65	2.63	2.60	2.55	2.51	2.50	2.49	2.49	19	
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.09	3.05	3.02	2.99	2.96	2.94	2.90	2.86	2.83	2.80	2.78	2.73	2.69	2.67	2.64	2.61	2.58	2.56	2.54	2.48	2.44	2.43	2.42	2.42	2.42	20
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.88	2.85	2.83	2.78	2.75	2.72	2.69	2.67	2.62	2.58	2.55	2.53	2.50	2.47	2.45	2.42	2.36	2.33	2.32	2.31	2.31	2.31	22
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.09	3.03	2.98	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.70	2.66	2.63	2.60	2.58	2.53	2.49	2.46	2.44	2.40	2.38	2.36	2.33	2.27	2.24	2.22	2.21	2.21	2.21	24
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	3.02	2.96	2.90	2.86	2.82	2.78	2.75	2.72	2.69	2.66	2.62	2.58	2.55	2.53	2.50	2.45	2.42	2.39	2.36	2.33	2.30	2.28	2.25	2.19	2.16	2.14	2.13	2.13	2.13	26
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.96	2.90	2.84	2.79	2.75	2.72	2.68	2.65	2.63	2.60	2.56	2.52	2.49	2.46	2.44	2.39	2.35	2.32	2.30	2.28	2.24	2.22	2.19	2.13	2.09	2.08	2.07	2.07	2.07	28
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.91	2.84	2.79	2.74	2.70	2.66	2.63	2.60	2.57	2.55	2.51	2.47	2.44	2.41	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.18	2.16	2.13	2.07	2.03	2.02	2.01	2.01	2.01	30
35	7.42	5.27	4.40	3.91	3.59	3.37	3.20	3.07	2.96	2.88	2.80	2.74	2.69	2.64	2.60	2.56	2.53	2.50	2.47	2.44	2.40	2.36	2.33	2.31	2.28	2.23	2.19	2.16	2.14	2.10	2.07	2.05	2.02	1.96	1.92	1.90	1.89	1.89	1.89	35
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.73	2.66	2.61	2.56	2.52	2.48	2.45	2.42	2.39	2.37	2.33	2.29	2.26	2.23	2.20	2.15	2.11	2.08	2.06	2.02	1.99	1.97	1.94	1.87	1.83	1.82	1.81	1.81	1.81	40
45	7.23	5.11	4.25	3.77	3.45	3.23	3.07	2.94	2.83	2.74	2.67	2.61	2.55	2.51	2.46	2.43	2.39	2.36	2.34	2.31	2.27	2.23	2.20	2.17	2.14	2.09	2.05	2.02	2.00	1.96	1.93	1.91	1.88	1.81	1.77	1.75	1.74	1.74	45	
50	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.19	3.02	2.89	2.79	2.70	2.63	2.56	2.51	2.46	2.42	2.38	2.35	2.32	2.29	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.97	1.95	1.91	1.88	1.86	1.82	1.76	1.71	1.70	1.69	1.69	50	
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.44	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.15	2.12	2.08	2.05	2.03	1.98	1.94	1.90	1.88	1.84	1.81	1.78	1.75	1.68	1.63	1.62	1.60	1.60	60	
70	7.01	4.92	4.07	3.60	3.29	3.07	2.91	2.78	2.67	2.59	2.51	2.45	2.40	2.35	2.31	2.27	2.23	2.20	2.18	2.15	2.11	2.07	2.03	2.01	1.98	1.93	1.89	1.85	1.83	1.78	1.75	1.73	1.65	1.62	1.57	1.56	1.54	1.54	70	
80	6.96	4.88	4.04	3.56	3.26	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55	2.48	2.42	2.36	2.31	2.27	2.23	2.20	2.17	2.14	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.75	1.71	1.69	1.65	1.58	1.53	1.51	1.50	1.50	80	
100	6.90	4.82	3.98	3.51	3.21	2.99	2.82	2.69	2.59	2.50	2.43	2.37	2.31	2.27	2.22	2.19	2.15	2.12	2.09	2.07	2.02	1.98	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.76	1.74	1.69	1.66	1.63	1.60	1.52	1.47	1.45	1.43	1.43	100	
200	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.89	2.73	2.60	2.50	2.41	2.34	2.27	2.22	2.17	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.58	1.55	1.52	1.48	1.39	1.33	1.30	1.28	1.28	200	
500	6.69	4.65	3.82	3.36	3.05	2.84	2.68	2.55	2.44	2.36	2.28	2.22	2.17	2.12	2.07	2.04	2.																							

2. Titik Persentase Distribusi F untuk probabilita = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07



27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89



Designation: D1762 – 84 (Reapproved 2007)
Standard Test Method for
Chemical Analysis of Wood Charcoal¹

This standard is issued under the fixed designation D1762; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of moisture, volatile matter, and ash in charcoal made from wood. The test method is applicable to lumps and briquets and is designed for the evaluation of charcoal quality. The test method employs apparatus that is found in most laboratories and is adapted to routine analyses of a large number of samples.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

D346 Practice for Collection and Preparation of Coke Samples for Laboratory Analysis

D410 Method for Sieve Analysis of Coal³

D3176 Practice for Ultimate Analysis of Coal and Coke

D3180 Practice for Calculating Coal and Coke Analyses from As-Determined to Different Bases

3. Summary of Method

3.1 The sample is ground in a specified manner and the moisture determined as loss in weight in a drying oven at 105°C. Volatile matter is determined as loss in weight at 950°C under specified conditions. Ash is determined as the residue after burning to constant weight at 750°C.

4. Significance and Use

4.1 Low quality wood and wood residues are used for wood charcoal. This test method is used for evaluating the charcoal to assess the methods of production and assist in developing new methods.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D07 on Wood and is the direct responsibility of Subcommittee D07.01 on Fundamental Test Methods and Properties.

Current edition approved . Published April 2007. Originally approved in 1960. Last previous edition approved in 2001 as D1762 – 84 (2001). DOI: 10.1520/D1762-84R07.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ Withdrawn

5. Apparatus

5.1 *Mill*,⁴ for grinding samples.

5.2 *Oven*, with automatic temperature control at $105 \pm 1^\circ\text{C}$.

5.3 *Muffle Furnace*, to control temperatures at $750 \pm 5^\circ\text{C}$ and $950 \pm 5^\circ\text{C}$.

5.4 *Analytical Balance*, with a capacity of at least 100 g and a sensitivity of 0.1 mg.

5.5 *Containers*, airtight, such as screw-top bottles for storage of ground samples.

5.6 *Sieves*, as specified in Method D410.

5.7 *Crucibles*, porcelain, 41 by 37 mm with porcelain lids.

5.8 *Desiccator*, containing calcium chloride as drying agent.


6. Sample

6.1 *Sample Selection*—The sample shall be selected so as to be representative of all of the material contained in a lot. Sample selection shall be carried out in accordance with Practices D346, D3176, and D3180.

6.2 *Sample Preparation*—Samples will normally be air-dry charcoal lumps or briquets. Rainsoaked or wet samples shall be spread out to air-dry before carrying out the analysis. For purchase specifications, the moisture content of the charcoal, as received, shall be determined on samples ground to pass a No. 20 (850- μm) sieve, since excessive grinding will result in loss of moisture due to the generation of heat. For laboratory evaluation, moisture, ash, and volatile matter shall be determined on a sample ground as follows:

6.2.1 All of the selected sample shall be ground; no part of the sample shall be rejected. The sample shall be pulverized rapidly in a mill. Long grinding times shall be avoided because of generated heat which will cause loss of volatile material. Excessive grinding will produce a large amount of fine particles smaller than a No. 100 (150- μm) sieve. These fine particles contribute to errors of being swept out of the crucible during the rapid evolution of gases in the determination of volatile matter. Particles that will be retained on a No. 20 (850- μm) sieve shall not be used. Samples with the following sieve analysis have been found satisfactory:

⁴ A Wiley Mill, size No. 2, with a 1-mm screen, or an equivalent mill has been found satisfactory for this purpose. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee,¹ which you may attend.


D1762 – 84 (2007)

Passing Sieve	Retained on Sieve	Sample, %
...	No. 20 (850- μ m)	0
No. 20 (850- μ m)	No. 40 (425- μ m)	14.5
No. 40 (425- μ m)	No. 60 (250- μ m)	18.7
No. 60 (250- μ m)	No. 80 (180- μ m)	7.0
No. 80 (180- μ m)	No. 100 (150- μ m)	3.4
No. 100 (150- μ m)	...	56.4

6.2.2 The ground sample shall be well mixed and stored in an airtight container.

7. Procedure

7.1 Make duplicate determinations.

7.2 *Moisture*—Heat the muffle furnace to 750°C and place previously ignited porcelain crucibles (Note 1) and covers in the furnace for 10 min. Cool the crucibles in a desiccator for 1 h. Weigh the crucibles and add to each approximately 1 g, weighed to the nearest 0.1 mg, of the ground sample. Place the samples in the oven at 105°C for 2 h. Place the dried samples in a desiccator for 1 h and weigh (Note 2).

NOTE 1—In practice, a crucible from a previous determination is used.

NOTE 2—The sample shall be considered oven-dry when the decrease in weight of consecutive weighings is 0.0005 g or less. Succeeding drying periods shall be not less than 1 h.

7.3 *Volatile Matter*—Heat the muffle furnace to 950°C. Preheat the crucibles used for the moisture determination, with lids in place and containing the sample, as follows: with the furnace door open, for 2 min on the outer ledge of the furnace (300°C) and then for 3 min on the edge of the furnace (500°C) (Note 3). Then move the samples to the rear of the furnace for 6 min with the muffle door closed. Watch the samples through a small peep-hole in the muffle door. If sparking occurs, results will be in error (Note 4). Cool the samples in a desiccator for 1 h and weigh.

NOTE 3—Individual nichrome wire baskets to hold the crucibles are convenient.

NOTE 4—If the sparking sample does not check the results of its nonsparking duplicate within $\pm 0.5\%$, the analysis shall be repeated.

7.4 *Ash*—Place the lids and the uncovered crucible used for the volatile matter determination, and containing the sample in the muffle furnace at 750°C for 6 h. Cool the crucibles with lids in place in a desiccator for 1 h and weigh. Repeat burning of the sample until a succeeding 1-h period of heating results in a loss of less than 0.0005 g.

8. Calculation and Report

8.1 Calculate the percentage of moisture in the sample as follows:

$$\text{Moisture, \%} = [(A - B)/A] \times 100 \quad (1)$$

where:

A = grams of air-dry sample used, and

B = grams of sample after drying at 105°C (7.2).

8.2 Calculate the percentage of volatile matter in the sample as follows:

$$\text{Volatile matter, \%} = [(B - C)/B] \times 100 \quad (2)$$

where:

C = grams of sample after drying at 950°C (7.3).

8.3 Calculate the percentage of ash in the sample as follows:

$$\text{Ash, \%} = (D/B) \times 100 \quad (3)$$

where:

D = grams of residue (7.4).

8.4 Report all results to the first decimal place. Values for duplicate determinations should agree within the following:

Constituent Determined	Permissible Differences Between Duplicates, %
Moisture	0.1
Volatile matter	0.5
Ash	0.1

9. Precision and Bias

9.1 There is currently no data available with which to develop a precision and bias statement.

10. Keywords

10.1 ash; charcoal; moisture; volatile matter

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT/).