



**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ANTARA BRIKET-  
BRIKET BERBAHAN DASAR SEKAM PADI SEBAGAI  
ENERGI TERBARUKAN**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Jalal Rosyidi Soelaiman**  
**NIM 081810201044**

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2013**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta Ayahanda Dwi Leksono dan Ibunda Illa Nurlilia, saya ucapkan terima kasih atas kasih sayang, doa, nasehat-nasehat, dukungan yang telah diberikan, serta didikan yang luar biasa selama ini untuk memahami arti kehidupan, kemandirian, dan kerja keras pantang menyerah;
2. Adik Musthofa Azizi Soelaiman yang selalu memberikan canda tawa dan warna dalam hidup ini.;
3. Jeni Tri Septiani yang selalu memberikan motivasi, cinta kasih dan doa serta mengingatkan kepada penulis untuk selalu berada pada jalan kebaikan dan tegar dalam kehidupan;
4. Bapak Sujito Huda beserta keluarga di Dukuh Dempok Wuluhan yang tidak hentinya memberikan dukungan, semangat, pengalaman dan pelajaran kehidupan yang akan sangat berguna kelak;
5. Sahabat seperjuangan Ricky Aditama, M. Adhi Karisma J., Alfa Rianto, Ianuar Teguh P. dan Reza Sairawan serta Mbak Ihtiari yang selalu memberikan dorongan dan menerima keluh kesah penulis selama ini;
6. Para akademisi yang mencintai sains dan teknologi;
7. Almamater Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.

## MOTTO

“Sedang mereka tidak mengetahui apa-apa dari ilmu Allah kecuali apa yang Allah kehendaki”

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 225 )<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup>Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudamoro Grafindo.

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jalal Rosyidi Soelaiman

NIM : 081810201044

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : *”Perbandingan Karakteristik antara Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan”* adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, April 2013  
Yang Menyatakan,

Jalal Rosyidi Soelaiman  
NIM 081810201044

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ANTARA BRIKET-BRIKET  
BERBAHAN DASAR SEKAM PADI SEBAGAI  
ENERGI TERBARUKAN**

**Oleh**

**Jalal Rosyidi Soelaiman**

**NIM 081810201044**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Utama**

**: Drs. Yuda Cahyoargo, MSc., Ph.D**

**Dosen Pembimbing Anggota**

**: Dra. Arry Y. Nurhayati**

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Perbandingan Karakteristik antara Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan*, telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### Tim Penguji:

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)

Drs. Yuda Cahyoargo H., MSc., Ph.D  
NIP 19620311 198702 1 001

Dra. Arry Y. Nurhayati  
NIP 1961909 198601 2 001

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Drs. Sujito, Ph.D  
NIP 19610204 198711 1 00 1

Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si  
NIP 19741215 200212 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.  
NIP 196101081986021001

## RINGKASAN

**Perbandingan Karakteristik antara Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan;** Jalal Rosyidi Soelaiman, 081810201044; 2012; 56 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Peningkatan konsumsi energi telah mengingatkan dunia akan kemungkinan terjadinya krisis energi beberapa dekade ke depan yang akhirnya juga berpengaruh pada kebutuhan energi yang semakin terbatas dan kegiatan ekonomi. Pada sisi lain, produksi padi yang terus meningkat mengakibatkan limbah padi berupa sekam juga akan meningkat jumlahnya. Pemanfaatan sekam sebagai briket merupakan salah satu cara untuk mereduksi timbunan sekam dan memenuhi kebutuhan energi. Pada pembuatan arang sekam menggunakan bahan bakar kayu dimana akan menghasilkan arang kayu dan abu pada sisa pembakaran. Untuk mengoptimalkan limbah arang kayu, dapat digunakan sebagai bahan tambah briket sekam padi.

Penelitian ditujukan untuk mengetahui karakteristik briket-briket berbahan dasar sekam padi dan telah dilaksanakan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember dan UPT.PKB Dinas Perhubungan Jember. Bahan penyusun briket yang digunakan adalah sekam padi (100%) sebagai perlakuan A, arang sekam padi (100%) sebagai perlakuan B, arang sekam padi: arang kayu (50:50)% sebagai perlakuan C, dan arang sekam padi: arang kayu (70:30)% sebagai perlakuan D.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan didapat kesimpulan bahwa perbedaan komposisi dan jenis bahan pembuat briket memberi pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik briket yang meliputi kadar air, nilai kalor, lama penyalaan, opasitas gas buang, dan kadar abu. Semakin rendah kadar air dan kadar abu briket, maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan, dimana perlakuan C memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 4526,097 kJ/kg serta memiliki kadar air dan kadar abu terendah. Semakin besar nilai kalor briket, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air. Perlakuan C adalah perlakuan yang

tercepat untuk mendidihkan satu liter air yang membutuhkan waktu 17,850 menit. Semakin mudah bahan briket terbakar, maka semakin cepat lama penyalaan briket hingga menjadi abu. Perlakuan C memiliki lama penyalaan briket terlama yaitu 156,2 menit.

Bahan briket yang tidak mengalami proses karbonisasi dan mempunyai kadar air yang tinggi berpengaruh terhadap tingginya nilai opasitas gas buang dan temperatur bara briket yang tidak stabil. Perlakuan B memiliki nilai opasitas gas buang yang terendah sekitar 5%. Opasitas masing-masing perlakuan komposisi briket masih dibawah batas yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 opasitas maksimum dari emisi bukan logam yaitu 40%.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah dan rahmat-Nya kepada penulis sehingga skripsi yang berjudul “Perbandingan Karakteristik antara Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Drs. Yuda Cahyoargo, MSc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dra. Arry Y. Nurhayati, selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan dan bantuan pengadaan alat dalam skripsi ini;
2. Drs. Sujito, Ph.D selaku Dosen Penguji I, dan Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam skripsi ini;
3. Bapak Gatot Triyono, S.T, M.Si, selaku kepala UPT PKB Dinas Perhubungan Jember. Bapak Erry Astono, Am.PKB, selaku pembimbing lapang dan seluruh karyawan UPT PKB Dinas Perhubungan Jember atas semua bantuan yang telah diberikan kepada penulis;
4. Mustaqim, Alfa, Ianuar, Dika, Reza, Winda, Evi, Ditry, Hanim, Anza, Dewi, Yuliatin, Oryza, Faizin, rekan-rekan Biofisika dan angkatan 2008 Jurusan Fisika serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas dukungan dan masukan dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini.

Penulis mengharapkan agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kesempurnaan skripsi ini.

Jember, April 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>1.4 Batasan Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Sekam, Komposisi, dan Pemanfaatannya</b> .....	6
<b>2.2 Briket Sekam Padi</b> .....	7
<b>2.3 Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Briket</b> .....	9
2.3.1 Lama Penyalaan Briket.....	9
2.3.2 Nilai Kalor.....	10
2.3.3 Emisi Gas Buang yang Dihasilkan.....	11
2.3.4 Kadar Abu (Hasil Pembakaran).....	12

2.3.5	Kadar Air.....	12
2.3.6	Kadar Karbon Terikat ( <i>Fixed Carbon</i> ).....	13
2.3.7	Kuat Tekan.....	13
<b>2.4</b>	<b>Perbandingan Karakteristik Beberapa Briket sebagai Energi Terbarukan</b> .....	<b>14</b>
<b>2.5</b>	<b>Arang dan Karbonisasi</b> .....	<b>15</b>
<b>2.6</b>	<b>Energi Terbarukan</b> .....	<b>16</b>
<b>2.7</b>	<b>Energi Kalor</b> .....	<b>17</b>
<b>2.8</b>	<b>Emisi Gas Buang</b> .....	<b>18</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	<b>21</b>
3.2.1	Alat Penelitian.....	21
3.2.2	Bahan Penelitian.....	21
<b>3.3</b>	<b>Tahap Penelitian</b> .....	<b>22</b>
3.3.1	Tahap Persiapan.....	23
3.3.2	Tahap Penyediaan Arang.....	23
3.3.3	Tahap Pencampuran Bahan Briket.....	23
3.3.4	Tahap Pencampuran Bahan Briket dengan Perekat (Tepung Kanji).....	23
3.3.5	Tahap Pecetakan dan Pengepresan.....	24
3.3.6	Tahap Pengeringan.....	24
3.3.7	Tahap Uji Karakteristik.....	25
1.	Uji Kadar Air.....	25
2.	Uji Nilai Kalor Briket.....	26
3.	Uji Lama Penyalaan Briket.....	27
4.	Uji Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan.....	27
5.	Uji Kadar Abu (Hasil Pembakaran).....	28
3.3.8	Analisa Data.....	28

3.3.9 Efisiensi Briket.....	31
3.3.10 Kesimpulan.....	31
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Hasil dan Analisis Data .....</b>	<b>32</b>
4.1.1 Hasil Pengukuran Uji Kadar Air Briket.....	32
4.1.2 Hasil Pengukuran Uji Nilai Kalor Briket.....	34
4.1.3 Hasil Pengukuran Lama Penyalaan Briket.....	41
4.1.4 Hasil Pengukuran Uji Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan.....	45
4.1.5 Hasil Pengukuran Uji Kadar Abu Briket.....	47
4.1.6 Efisiensi Briket.....	49
<b>4.2 Pembahasan .....</b>	<b>48</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1	Komposisi Kimiawi Sekam ..... 6
2.2	Nilai Lama Penyalaan dan Kecepatan Pembakaran Berbagai Jenis Briket..... 9
2.3	Hubungan jenis briket dengan lamanya waktu pendidihan satu liter air, nilai kalor dan besarnya nyala api ..... 10
2.4	Perbandingan mendidihkan enam liter air dengan berbagai bahan bakar..... 14
2.5	Kualitas arang sekam hasil pembakaran dengan menggunakan cerobong..... 14
2.6	Komposisi Kimiawi Sekam ..... 15
2.7	Nilai kalor jenis beberapa benda padat (pada temperatur kamar untuk tekanan 1 atm)..... 18
3.1	Tabel Penelitian ..... 22
4.1	Nilai rata-rata kadar air briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20)..... 32
4.2	Hasil analisis data uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk nilai kadar air briket ..... 34
4.3	Nilai rata-rata nilai kalor briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20)..... 34
4.4	Hasil analisis data uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk nilai kalor briket. .... 36
4.5	Nilai rata-rata temperatur lidah api ( <i>flame</i> ) briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> pada waktu yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 10)..... 36

4.6	Hasil signifikansi uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk temperatur lidah api ( <i>flame</i> ) briket. ....	38
4.7	Nilai rata-rata temperatur bara briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> pada waktu yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 10).....	39
4.8	Hasil signifikansi uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk temperatur bara briket. ....	41
4.9	Nilai rata-rata waktu lama mendidihkan satu liter air, standar deviasi, dan standar <i>error</i> untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20).....	42
4.10	Hasil signifikansi uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap lama waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air. ....	43
4.11	Nilai rata-rata lama penyalaan briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20)....	43
4.12	Hasil uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap lama penyalaan briket.....	45
4.13	Nilai rata-rata opasitas gas buang yang dihasilkan briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> pada waktu yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 10).....	45
4.14	Hasil signifikansi uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap opasitas gas buang yang dihasilkan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.....	47
4.15	Nilai rata-rata kadar abu briket, standar deviasi, dan standar <i>error</i> untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20).....	47
4.16	Hasil signifikansi uji statistik <i>one-way</i> ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap kadar abu briket... ..	48

4.17	Efisiensi briket dalam penggunaan gas dan briket untuk membuat empat buah briket.....	49
------	---	----

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 (a) Sekam padi; (b) kompor arang sekam; (c) briket arang dan kompor; (d) briket sekam .....	8
3.1 Alat Cetak Briket .....	24
3.2 Oven .....	25
3.3 <i>Infrared Thermometer</i> MS6550B MASTECH .....	26
3.4 <i>Diesel Smoke Meter</i> model DSM-340 .....	27
4.1 Grafik uji kadar air briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket .....	33
4.2 Grafik uji nilai kalor briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.....	35
4.3 Grafik uji lidah api ( <i>flame</i> ) briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.....	37
4.4 Grafik uji bara briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket .....	40
4.5 Grafik uji lama mendidihkan satu liter air briket terhadap masing- masing perlakuan komposisi briket .....	42
4.6 Grafik uji lama penyalaan briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.....	44
4.7 Grafik uji opasitas gas buang yang dihasilkan briket terhadap masing- masing perlakuan komposisi briket .....	46
4.8 Grafik uji kadar abu briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Foto Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi .....	61
B Gambar Alat dan Bahan.....	63
C Foto Kegiatan Penelitian.....	65
D Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA terhadap Karakteristik Briket .....	66
D.1 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Kadar Air .....	66
D.2 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Nilai Kalor Briket.....	67
D.3 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Lidah Api ( <i>flame</i> ) Briket.....	68
D.4 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Bara Briket .....	72
D.5 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Lama Mendidihkan 1 Liter Air .....	76
D.6 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Lama Penyalaan Briket .....	78
D.7 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan .....	79
D.8 Analisa Statistik <i>One-Way</i> ANOVA Kadar Abu .....	80

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada tahun 1975, konsumsi energi per kapita per tahun pada beberapa negara berkembang seperti di Indonesia sekitar  $27 \times 10^5$  joule, sedangkan konsumsi energi per kapita per tahun pada tahun 2005 yaitu  $116 \times 10^5$  joule (Wardhana *et al.*, 1998). Perkembangan teknologi mempengaruhi kegiatan ekonomi yang akhirnya juga berpengaruh pada kebutuhan energi yang semakin terbatas, sehingga ketergantungan manusia akan energi fosil harus dibatasi, mengingat kenaikan harga minyak dunia yang semakin tinggi. Biaya produksi dan transportasi yang tinggi dari kebutuhan pokok menunjukkan bahwa kenaikan harga energi telah terjadi secara langsung saat ini. Sehingga perlu adanya kebijakan energi yang harus segera dilakukan, antara lain dengan mendorong termanfaatkannya energi-energi secara lebih efisien dan tepat sasaran, serta meningkatkan teknologi dan ketersediaan informasi tentang energi alternatif secara lebih meluas, serta menghemat pemakaian energi fosil dengan pemanfaatan energi terbarukan.

Produksi padi tahun 2010 menurut perhitungan sebesar 66,41 juta ton gabah kering giling. Produksi padi mengalami kenaikan pada tahun 2011. Hal tersebut terjadi karena penambahan luas area panen padi sebanyak 14,51 ribu hektar (0,11 persen) dan peningkatan produktifitas sebesar 0,62 kwintal per hektar (1,24 persen) (Bambang, 2011). Indonesia memberi kontribusi 30 persen terhadap produksi beras ASEAN (Suprpto, 2009). Sehingga berdasarkan data tersebut, limbah padi berupa sekam juga akan meningkat jumlahnya. Menurut Rahmad (2006) 20-30% sekam dihasilkan dari padi kering giling (PKG), sehingga dari sekitar 54 juta ton padi akan dihasilkan sekitar 10,8 juta ton limbah penggilingan padi.

Pemanfaatan sekam di Indonesia saat ini masih sangat terbatas antara lain untuk media tanaman hias, pembakaran bata merah, atau sebagai pelindung balok es. Selain itu, sekam juga dimanfaatkan sebagai media pupuk, serta inkubasi ayam. Tetapi upaya tersebut belum cukup signifikan untuk mereduksi timbunan sekam, yang seolah menjadi pemandangan biasa di sekitar penggilingan padi. Meskipun Sisman dan Gezer (2011) juga telah mengembangkan briket sekam sebagai produksi pengganti semen dalam rasio tertentu untuk membuat lebih *profitable* dan mengurangi efek pada lingkungan, tetapi alternatif terbaik adalah dengan memanfaatkannya sebagai pemenuhan kebutuhan energi masyarakat. Sekam mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi sehingga dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil, dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas sebagai pengganti minyak tanah.

Briket sekam padi memiliki potensi untuk dimanfaatkan dan dikembangkan di Indonesia. Limbah sekam padi terdapat dalam jumlah yang melimpah, murah, dan *renewable*. Karenanya penelitian ataupun kajian dan pengembangan penelitian pemanfaatan briket sekam dilakukan, selain prospeknya sebagai alternatif energi terbarukan juga karena pemanfaatannya yang belum optimal. Pada umumnya bahan bakar biomassa memiliki densitas energi yang rendah. Untuk menghilangkan kelemahan ini maka sekam padi harus dibriketkan.

Pada pembuatan arang sekam menggunakan bahan bakar kayu dimana akan menghasilkan arang kayu dan abu pada sisa pembakaran. Untuk mengoptimalkan limbah arang kayu, dapat digunakan sebagai bahan tambah briket sekam padi. Selain itu, masyarakat yang menggunakan bahan bakar minyak tanah diperkirakan beberapa akan beralih kembali kepada kayu bakar dan sebagian lagi beralih ke penggunaan gas. Sehingga kebutuhan pengguna kayu bakar diperkirakan meningkat. Hal ini cenderung berlaku pada penduduk pedesaan yang berdekatan dengan sumber penghasil kayu bakar (Dwiprabowo, 2010). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Jamilatun (2008) menunjukkan nilai kalor dari briket sekam padi dan arang kayu yaitu 3.037 kal/g dan 3.583 kal/g. Hal ini menunjukkan bahwa sekam padi mempunyai potensi

untuk menggantikan penggunaan bahan bakar kayu. Oleh karena itu, pencampuran komposisi antara arang sekam padi dan arang kayu diharapkan akan menjadi energi terbarukan yang efektif dan efisien serta mengurangi penggunaan kayu sebagai bahan bakar secara bertahap.

Pencampuran bahan tambah biomassa pada pembuatan briket guna menghasilkan briket dengan hasil optimal dan mereduksi limbah lain telah dilakukan oleh beberapa orang, diantaranya yaitu pembakaran briket campuran arang kayu dan jerami oleh Subroto (2007) yang menyatakan bahwa briket dengan komposisi arang kayu : jerami (50% : 50%) lebih baik dalam skala rumah tangga, karena lebih ramah lingkungan dan mempunyai laju pembakaran yang tinggi, sedangkan untuk kebutuhan industri, komposisi terbaik dengan pencapaian temperatur tertinggi adalah komposisi arang kayu : jerami (70% : 30%). Sugiarti *et al.* (2009) melakukan penelitian tentang pembuatan briket sekam padi dengan penambahan kulit biji mete, bungkil jarak, dan jerami. Untuk perbandingan campuran bungkil jarak dengan sekam (70% : 30%) tidak memenuhi standar spesifikasi briket batubara tanpa karbonisasi seperti yang telah dilakukan oleh Budiman *et al.* (tanpa tahun).

Briket juga dapat dihasilkan dari campuran sekam padi dan batubara. Briket yang bercampur batubara akan memberikan kandungan energi yang tinggi hingga 5500 kkal/kg. Tetapi kandungan sulfur pada briket dengan kandungan batubara tinggi serta pengikat tar juga tinggi yang berakibat pada saat penggunaan di rumah tangga (Irawan, 2011). Sulistyanto (2006) menyatakan komposisi briket terbaik yang dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga adalah komposisi batubara : biomassa (sabut kelapa) yaitu 10% : 90%, karena lebih cepat terbakar dan lebih ramah lingkungan, sedangkan untuk kebutuhan industri, komposisi terbaik dengan pencapaian temperatur tertinggi adalah komposisi batubara : biomassa (sabut kelapa) yaitu 30% : 70%. Penelitian briket saat ini terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi.

Pembuatan arang sekam dimaksudkan untuk memperbaiki sifat fisik sekam agar lebih mudah ditangani dan dimanfaatkan lebih lanjut serta menjaga kualitas

pembakaran sekam agar lebih konstan. Salah satu kelemahan sekam bila digunakan langsung sebagai sumber energi panas adalah menimbulkan asap pada saat dibakar dan cepat habis terbakar. Hal ini mengakibatkan bahan yang dikeringkan berbau asap dan warna bahan berubah sehingga menurunkan kualitas bahan disamping menimbulkan polusi udara. Selain itu, jika sekam digunakan langsung sebagai media tumbuh tanaman akan mendorong tumbuhnya bakteri pembusuk dan jamur.

Untuk mengetahui kualitas briket, maka harus dilakukan karakterisasi briket yang mencakup nilai kalor briket, kadar abu (hasil pembakaran), kadar air, lama penyalaan, kadar abu, dan emisi serta opasitas gas buang yang dihasilkan. Setiap karakteristik briket saling mempengaruhi satu dengan lainnya. Semakin banyak kandungan karbon suatu briket, maka semakin banyak gas CO yang dihasilkan. Semakin banyak biomass pada briket, maka akan mengurangi emisi gas HC, CO, NO<sub>x</sub> (Sulistyanto, 2006).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas penelitian yang akan dilakukan adalah membandingkan karakteristik briket-briket berbahan dasar sekam padi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian yaitu :

1. Menentukan briket yang memiliki kadar air dan kadar abu terendah.
2. Menentukan briket berbahan dasar sekam padi yang mempunyai nilai kalor tinggi.
3. Menentukan lama waktu briket untuk mendidihkan satu liter air yang tercepat dan lama penyalaan briket hingga padam yang terlama.
4. Menentukan briket dengan opasitas gas buang yang terendah.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui karakteristik briket-briket berbahan dasar sekam padi.
2. Dapat memberikan pemikiran untuk lebih memanfaatkan bahan bakar sekam padi dan mengurangi pemakaian bahan bakar fosil ataupun kayu bakar secara bertahap.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini dibatasi beberapa hal yang meliputi :

1. Bahan dasar sekam padi dan arang kayu dikeringkan selama satu hari di bawah sinar matahari.
2. Kecepatan udara pembakaran konstan.
3. Tekanan saat proses pengepresan sama untuk semua briket.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sekam, Komposisi dan Pemanfaatannya

Sekam padi merupakan lapisan keras yang menutupi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang saling bertautan yang disebut *lemma* dan *palea* (Nugraha, 2008). Berbeda dengan dedak atau bekatul yang masih mempunyai nilai ekonomis dan umumnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau ikan, sekam dianggap sebagai limbah penggilingan padi. Sekam dihasilkan dari sekitar 16%-26% padi dari proses penggilingan bergantung pada model atau tipe penggilingan padi yang digunakan. Sedangkan menurut Deptan dihasilkan sekitar 20-30% sekam, dedak 8-12% dan beras giling sekitar 50-63,5% (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, tanpa tahun). Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, tanpa tahun). Sekam padi memiliki kandungan kimiawi yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi kimiawi sekam

Komponen	Persentase
<b>Menurut Suharno (1979)</b>	
Kadar air	9,02
Abu	17,71
Karbohidrat kasar	33,71
<b>Menurut DTC-IPB</b>	
Karbon (zat arang)	1,33
Hidrogen	1,54
Oksigen	33,64
Silika ( $S_1O_2$ )	16,98

Sumber: Nugraha dan Rahmat (2008).

Van Ruiten menyatakan sekam memiliki kerapatan jenis (*bulk density*) 125 kg/m<sup>3</sup>, dengan nilai kalori 3.300 kkal/kg sekam. Sedangkan menurut Ahiduzzaman (2007) sekam padi yang belum diolah memiliki kerapatan jenis (*bulk density*) yaitu 117.0 kg/m<sup>3</sup>, namun setelah mengalami proses densifikasi (pemadatan), kerapatan jenisnya mencapai 825.4 kg/m<sup>3</sup>.

Abu sekam padi mengandung *silica* (Si) yang dikenal dengan *silica dioxide* dalam keadaan oksidanya. Penggunaan *silica* dalam dunia konstruksi khususnya teknologi beton sudah mulai dipakai sebagai bahan tambah. *Silica* dari abu sekam padi ini memiliki kualitas yang tidak kalah dengan *silica fume* yang harganya cukup tinggi. Pertumbuhan tanaman padi yang tidak stabil akan mempengaruhi prospek usaha untuk pengembangan *silica* dari abu sekam padi (Nugroho, 2009).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tahun 1997-2005, didapat beberapa kesimpulan bahwa abu sekam padi dapat digunakan dalam bidang geoteknik untuk perbaikan struktur tanah. Dengan menggunakan teknologi yang tepat, kandungan *silica* yang dihasilkan dapat mencapai diatas 90%. Pada tahun 1995 hingga 2001, produksi sekam padi di Indonesia mencapai 4 juta ton per tahunnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa abu sekam yang dihasilkan 400 ribu ton per tahun. Sehingga ini dapat dijadikan penghasil tambahan bagi para petani padi, jika mereka mengetahui akan manfaatnya (Nugroho, 2009).

## **2.2 Briket Sekam Padi**

Pemanfaatan sekam padi berbeda di setiap negara bergantung pada kebutuhan. Penelitian pemanfaatan sekam dalam bentuk briket antara lain oleh Nugraha dan Rahmat (2008), Assureira (2002), Hermawan (2006), maupun lembaga pertanian. Pada gambar 2.1 ditunjukkan tentang sekam padi, briket sekam padi, dan teknologi kompor untuk briket sekam padi.





(a)

Sumber: Hakim (2011)



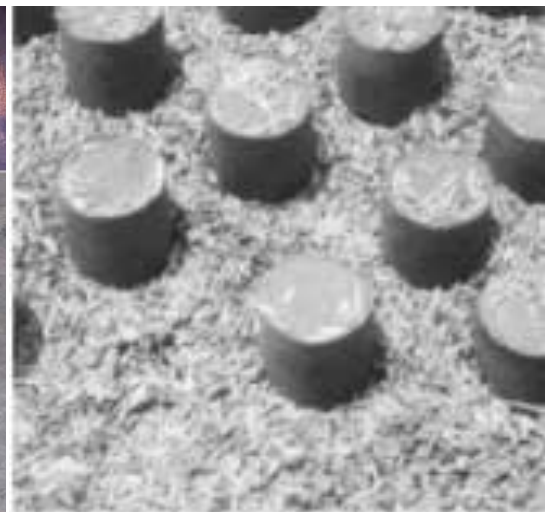
(b)

Sumber : Nugraha (2008)



(c)

Sumber : Nugraha dan Rahmat (2008)



(d)

Sumber : Assureira (2002)

Gambar 2.1 (a) Sekam padi; (b) kompor arang sekam; (c) briket arang dan kompor; (d) briket sekam.

Briket adalah teknologi yang menggunakan proses basah atau kering untuk mengkompresi sekam padi ke dalam beberapa bentuk. Proses briket kering memerlukan tekanan tinggi dan tidak memerlukan pengikat. Proses tersebut mahal dan direkomendasi hanya untuk produksi level tinggi. Sedangkan proses basah hanya memerlukan tekanan rendah tetapi memerlukan binder (Assureira, 2002). Briket sekam padi terbuat dari sekam padi giling yang dicampur dengan bahan pengikat

berupa gel amilum dan kemudian dipadatkan pada tekanan rendah. Amilum dikenal dengan sebutan tepung kanji (*cassava starch*), digunakan sebagai bahan pengikat karena murah dan mudah didapat (Wibowo, 2009). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Pangkorego (2006) menunjukkan bahwa perekat tepung kanji lebih baik daripada perekat tepung sagu. Perekat tepung kanji menghasilkan kalor yang tinggi dan cepat terbakar. Nilai kalori sekam menurut beberapa ahli berbeda-beda.

### 2.3 Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Briket

#### 2.3.1. Lama Penyalaan Briket

Kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh struktur bahan, kandungan karbon terikat dan tingkat kepadatan bahan. Jika briket memiliki kandungan senyawa *volatile* (zat yang mudah menguap) yang tinggi, maka briket akan mudah terbakar dengan kecepatan pembakaran tinggi (Jamilatun, 2008). Lama penyalaan beberapa briket ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Nilai lama penyalaan dan kecepatan pembakaran berbagai jenis briket

Jenis Briket	Berat briket yang terbakar, (g)	Lama penyalaan sampai menjadi abu, (detik)	Kecepatan pembakaran, (g/detik)
Tempurung Kelapa	244,51	116,10	126,60
Serbuk Gergaji Kayu Jati	244,22	71,05	206,40
Sekam Padi	245,25	103,57	141,60
Batubara terkarbonasi	245,91	60,57	243,00
Batubara non karbonasi	245,99	83,53	177,00
Bonggol Jagung	244,21	89,35	163,80
Arang Kayu	246,22	109,45	135,00

Sumber : Jamilatun (2008)

### 2.3.2. Nilai Kalor

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gandhi (2010), hasil uji nilai kalor briket arang tongkol jagung dan bahan perekat, yaitu semakin banyak komposisi perekat, nilai kalornya semakin rendah. Ini dikarenakan bahan perekat memiliki sifat termoplastik serta sulit terbakar dan membawa lebih banyak air, sehingga panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan menguapkan air dalam briket, walaupun nilai kalor arang tongkol jagung murni cukup tinggi, yaitu sebesar 5601,55 kalori/gram. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Santosa (tanpa tahun) yaitu penambahan bahan limbah pertanian akan meningkatkan nilai kalor. Semakin tinggi nilai kalor, semakin baik kualitas briket yang dihasilkan. Semakin besar nilai kalor maka kecepatan pembakaran semakin lambat (Sulistyanto, 2008). Berikut ini tabel nilai kalor dari beberapa jenis briket yang telah diteliti oleh Jamilatun (2008).

Tabel 2.3 Hubungan jenis briket dengan lamanya waktu pendidihan satu liter air, nilai kalor dan besarnya nyala api

Jenis Briket	Lama waktu pendidihan (menit)	Nilai Kalor (kal/g)	Jenis Nyala api
Tempurung Kelapa	7,19	5.780	Besar
Serbuk Gergaji Kayu Jati	6,19	5.479	Besar
Sekam Padi	5,15	3.073	Besar
Batubara terkarbonasi	5	6.158	Sedang
Batubara non karbonasi	5,01	6.058	Sedang
Bonggol Jagung	5	5.351	Besar
Arang Kayu	8	3.583	Sedang

Sumber : Jamilatun (2008)

Nilai kalor untuk mendidihkan satu liter air dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$Q = (m_{air} \times C_{p_{air}} (T_2 - T_1)) + (m_{uap} \times H_{fg}) \quad (2.1)$$

keterangan :

$Q$  = kalor yang diterima air (kJ)

$m_{air}$  = massa air (kg)

$Cp_{air}$  = panas spesifikasi air (41662 kJ/kg°C)

$T_1$  = suhu awal mendidihkan air (°C)

$T_2$  = suhu akhir mendidihkan air (°C)

$m_{uap}$  = massa air teruapkan selama pemasakan (kg)

$H_{fg}$  = panas laten penguapan air (225 kJ/kg)

Perhitungan tersebut dengan asumsi bahwa panas dari briket digunakan seluruhnya (tidak ada panas yang hilang) untuk memanaskan air. Nilai kalor dari briket dapat diketahui menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Nilai Kalor Briket} = \frac{Q}{m_b} \quad (2.2)$$

keterangan :

$Q$  = kalor yang diterima air (kJ)

$m_b$  = massa bahan bakar (kg)

### 2.3.3. Emisi Gas Buang yang Dihasilkan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sulistyanto (2006) bahwa semakin besar prosentase biomass pada briket maka kandungan emisi polutan HC, CO dan NOx semakin berkurang. Emisi dan kadar racun partikulat dalam gas buang, dapat dipantau secara praktis dengan indikator sifat zat yang tidak tembus cahaya (opasitas) dimana dalam hal ini berupa tebal asap. Ukuran opasitas dari suatu sumber pembakaran bahan bakar dinyatakan dengan satuan persen (%) (Badan Standarisasi Nasional, 2005). Semakin tebal asap yang dihasilkan, maka opasitasnya juga semakin tinggi. Sehingga kandungan gas NOx dan CO dalam asap tersebut juga tinggi (Swisscontact, 1996). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 tanggal 7 Maret 1995, opasitas maksimum dari emisi bukan logam yaitu 40%.

#### 2.3.4. Kadar Abu (Hasil Pembakaran)

Abu dalam hal ini merupakan bagian yang tersisa dari hasil pembakaran briket. Salah satu penyusun abu adalah silika, pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor briket arang yang dihasilkan. Jika bahan pembuatan briket dikarbonisasi terlebih dahulu, maka semakin banyak penambahan bahan dalam komposisi, maka nilai kadar abu briket yang dihasilkan akan semakin rendah. Ini disebabkan kandungan yang terdapat dalam bahan banyak yang terbuang pada proses karbonisasi (Santosa, tanpa tahun). Penelitian lain yang dilakukan oleh Gandhi (2010) menyebutkan bahwa walaupun kadar abu dari briket yang tanpa perekat atau 0% adalah yang paling tinggi, ternyata nilai kalornya yang paling tinggi. Kadar abu briket dapat dihitung dengan cara (Santosa, tanpa tahun) :

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{c}{a} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan : c = massa abu (gr)

a = massa sampel sebelum pengabuan (gr)

#### 2.3.5. Kadar Air

Kadar air briket berpengaruh terhadap nilai kalor. Semakin sedikit kadar air dalam briket, maka semakin tinggi nilai kalornya (Santosa, tanpa tahun). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Gandhi (2010) yaitu semakin tinggi komposisi perekat maka nilai kalornya semakin rendah dan kadar airnya yang dihasilkan semakin tinggi pula, tetapi berat jenis dan kepadatan energi yang dihasilkan akan semakin rendah. Kadar air briket dapat dihitung dengan cara (Santosa, tanpa tahun) :

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{b-c}{b} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan : b = massa sampel sebelum dioven (gr)

c = massa sampel setelah dioven (gr)

### 2.3.6. Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Kadar bahan yang mudah menguap dan kadar air yang rata-rata tinggi menyebabkan kadar karbonnya rendah. Hal ini tentu saja berpengaruh terhadap nilai kalor briket, semakin tinggi kandungan zat karbon pada suatu zat maka nilai kalornya akan semakin tinggi (Gandhi, 2010). Penambahan bahan limbah pertanian akan meningkatkan kadar karbon, karena limbah pertanian merupakan biomassa yang mempunyai kadar selulosa cukup tinggi, kadar selulosa ini merupakan sumber unsur karbon dalam briket (Santosa, tanpa tahun).

### 2.3.7. Kuat Tekan

Penelitian dari Gandhi (2010) menunjukkan bahwa briket dengan komposisi campuran perekat 0 % adalah yang paling rapuh karena tingkat ikatan partikelnya kurang kuat disebabkan karena bentuk partikel yang kering dan sangat halus. Sehingga komposisi perekat menentukan kekuatan tekanan briket. Pengempaan dengan tekanan tinggi tidak selalu menghasilkan briket dengan mutu yang lebih baik, karena briket yang sangat padat akan menurunkan efisiensi pembakaran dan menyulitkan penggunaan. Uji kuat tekan dilakukan dengan menggunakan *force gauge* untuk mengetahui kekuatan briket dalam menahan beban dengan tekanan tertentu. Kuat tekan briket dapat dihitung dengan persamaan (Santosa, tanpa tahun) berikut :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

Keterangan : P = Tekanan (N/cm<sup>2</sup>)

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan (cm<sup>2</sup>)

## 2.4 Perbandingan Karakteristik Beberapa Briket sebagai Energi Terbarukan

Pada tahun 1989, Instalasi Penelitian Karawang menemukan cara pemanfaatan sekam untuk bahan bakar kompor rumah tangga. Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa sekam dengan kompor sederhana tersebut dapat digunakan untuk memasak dengan nyala api biru sedikit kemerahan dan sedikit berasap (Harpini, 2006). Hasil perbandingan mendidihkan enam liter air dengan berbagai bahan bakar dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perbandingan mendidihkan enam liter air dengan berbagai bahan bakar

Bahan bakar	Waktu (menit)	Bahan
Gas (elpiji)	11	0,1 kg
Minyak tanah	25	140 ml
Sekam	35	1 kg

Sumber : Harpini (2006).

Dalam pengolahan sekam padi sebagai briket atau arang sekam dapat dilakukan dengan beberapa metode. Salah satu diantaranya yaitu pembakaran dengan menggunakan cerobong. Pada tabel 2.5 menunjukkan tentang kualitas arang sekam padi hasil pembakaran dengan menggunakan cerobong.

Tabel 2.5 Kualitas arang sekam hasil pembakaran dengan menggunakan cerobong

Komponen mutu arang	Nilai
Kadar air sekam (%)	10,05
Arang sekam (%)	75,45
Kadar air arang sekam (%)	7,35
Kadar abu sekam(%)	1
Waktu pembuatan (jam)	2
Kapasitas pembakaran (kg/jam)	15

Sumber : Harpini (2006).

Hasil pembakaran sekam padi berupa abu dapat digunakan sebagai abu gosok maupun untuk pupuk. Salah satu kelemahan tungku sekam padi adalah asap

yang dihasilkan. Namun asap bisa dikurangi jika sekam dijemur hingga kering terlebih dahulu karena 10% kandungan sekam adalah air (Wahono, 2008). Perkembangan teknologi briket dengan menambahkan berbagai macam bahan tambah dengan mengharapkan hasil yang optimal, seperti emisi yang rendah dan kalor yang tinggi dari briket yang dihasilkan. Pada tabel 2.6 menunjukkan tentang nilai kalor rata-rata untuk beberapa jenis bahan bakar.

Tabel 2.6. Nilai kalor rata-rata untuk beberapa jenis bahan bakar

Bahan Bakar	Nilai Kalor
Kayu (kering mutlak)	4491,2
Batubara Muda (lignit)	1887,3
Batubara	6999,5
Minyak Bumi (mentah)	10081,2
Bahan Bakar Minyak	10224,6
Gas Alam	9722,9

Sumber : Yudanto (tanpa tahun)

## 2.5 Arang dan Karbonisasi

Arang adalah bahan padat yang memiliki pori-pori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang memiliki unsur karbon. Arang yang baik memiliki sifat warna hitam dengan nyala api kebiruan, mengkilap pada pecahan, terbakar tanpa asap, tidak memercik, tidak berbau, dan dapat menyala terus tanpa dikipas. Faktor yang mempengaruhi kualitas arang adalah suhu, kadar air, ukuran bahan dan berat jenis (Damanik, 2009). Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi, dan asap yang lebih sedikit. proses perubahan senyawa organik menjadi arang disebut karbonisasi (Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi 3).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Surono (2010) menunjukkan bahwa proses karbonisasi yang dilakukan dapat meningkatkan kandungan karbon dan nilai kalor briket tongkol jagung. Proses karbonisasi terbaik diperoleh pada suhu 380°C, sementara untuk pembriketan dilakukan pada 97,6 MPa yang dapat menaikkan kadar karbon sampai 67% dan nilai kalor sampai 65%. Penekanan yang tinggi selama



pembriketan dan proses karbonisasi yang dilakukan dapat mengurangi emisi CO dan laju pembakaran dimana dapat menjaga lama penyalaan briket.

## **2.6 Energi Terbarukan**

Sumber energi digolongkan menjadi dua kelompok besar antara lain energi konvensional yaitu energi yang diambil dari sumber yang ketersediannya sangat terbatas di bumi yang tidak dapat digenerasi, misal bahan bakar fosil. Selain itu terdapat juga energi terbarukan yaitu energi yang dihasilkan dari sumber alami yang ketersediannya akan terus melimpah dan dapat dipulihkan setelah digunakan, misal matahari, air dan angin serta biomassa (Contained Energy Indonesia, tanpa tahun).

Sebenarnya terdapat banyak alasan untuk memilih energi terbarukan dibandingkan bahan bakar fosil, tetapi perlu dipahami bahwa energi terbarukan masih belum cukup siap untuk sepenuhnya menggantikan bahan bakar fosil. Hal ini terutama dikarenakan energi terbarukan masih menjadi pilihan energi yang dimungkinkan secara signifikan lebih mahal dibandingkan dengan bahan bakar fosil, dan dengan demikian banyak negara, terutama negara berkembang, tetap menggunakan bahan bakar fosil yang lebih murah seperti batubara (Indoenergi, 2012a).

Pengembangan teknologi yang berbeda bagi energi terbarukan guna memastikan kualitas, efisiensi dan efektifitasnya harus selalu ditingkatkan, sehingga dapat dioptimalkan pemanfaatannya. Menurut Indoenergi (2012.b) beberapa keuntungan menggunakan jenis energi ini, seperti :

1. Energi terbarukan ramah lingkungan,
2. Energi terbarukan adalah bentuk energi yang berkelanjutan karena menggunakan sumber daya alamiah.
3. Industri energi terbarukan akan membantu menciptakan lapangan kerja di berbagai sektor.
4. Energi terbarukan adalah kesempatan bisnis yang besar,

5. Energi terbarukan aman digunakan dibandingkan dengan bahan bakar fosil.
6. Energi terbarukan dapat meminimalkan limbah yang dibuang ke lingkungan.

## 2.7 Energi Kalor

Kalor adalah energi yang berpindah karena adanya perubahan temperatur. Arah aliran kalor bergantung pada temperatur dimana kalor mengalir dari suatu benda yang memiliki temperatur tinggi ke suatu benda dengan temperatur rendah (Giancoli, 2001). Setiap zat memiliki kuantitas kalor yang berbeda untuk menaikkan temperatur pada sebuah massa tertentu. Kapasitas kalor  $C$  merupakan perbandingan kalor  $\Delta Q$  pada sebuah benda untuk perubahan temperaturnya  $\Delta T$ , yaitu.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (2.6)$$

Selanjutnya, kapasitas kalor persatuan massa suatu benda disebut kalor jenis  $c$  yang merupakan karakteristik suatu bahan. Ketika kalor yang harus diberikan kepada benda bermassa  $m$ , dengan kalor jenis  $c$ , maka untuk menaikkan temperaturnya harus melalui temperature awal  $T_1$  menjadi  $T_2$  ( $\Delta T$ ) seperti berikut diman kalor jenis  $c$  merupakan sebuah konstanta (Halliday, 1985).

$$Q = m c \Delta T \quad (2.7)$$

Dimana  $Q$  = kalor (kal)

$m$  = massa benda

$c$  = kalor jenis benda (kal/gr<sup>o</sup>C)

$\Delta T$  = perubahan suhu benda (°C)

Pada Tabel 2.7 merupakan kalor jenis dari beberapa benda padat dengan beberapa satuan, untuk satu kal = 4,3 joule.

Tabel 2.7 Nilai kalor jenis beberapa benda padat (pada temperatur kamar untuk tekanan 1 atm)

Zat	Kalor Jenis (kal/gr°C)	Kalor Jenis (J/gr°C)	Berat molekul (g/mol)	Kapasitas Kalor Molar (kal/mol°C)	Kapasitas Kalor Molar (J/mol°C)
Alumunium	0,215	0,900	27,0	5,82	24,4
Karbon	0,121	0,507	12,0	1,46	6,11
Tembaga	0,0923	0,386	63,5	5,85	24,5
Timbal	0,0305	0,128	207	6,32	26,5
Perak	0,0564	0,236	108	6,09	25,5

Sumber : Halliday (1985)

## 2.8 Emisi Gas Buang

Pertumbuhan pembangunan seperti industri, transportasi, dan perdagangan disamping memberikan dampak positif, namun disisi lain akan memberikan dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara dan kebisingan baik yang terjadi didalam maupun di luar ruangan yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan terjadinya penularan penyakit. Menurut Sulistyanto (2006) jika terjadi pembakaran bahan bakar secara sempurna akan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O saja, namun yang terjadi pembakaran pada bahan bakar banyak yang tidak sempurna dimana akan menimbulkan zat-zat polutan lain yang berbahaya terhadap kesehatan manusia. Berikut ini beberapa polutan dari bahan bakar antara lain: Sulfur Dioksida (SO<sub>x</sub>), Karbon Monoksida (CO), Oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), Oksidan (O<sub>3</sub>), Hidrokarbon (HC), Khlorin (Cl<sub>2</sub>), partikel debu, timah hitam (Pb), dan Besi (Fe). Hal mengenai beberapa sifat, Sumber penyebab dari beberapa gas tersebut dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. CO (Karbon Monoksida)

CO tidak berwarna, tidak beraroma, dan tidak mudah larut dalam air. Jika dikenai api akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru dan menjadi CO<sub>2</sub> (Karbon Dioksida) (Arifin *et al.*, 2009). Sumber penyebab gas ini adalah kendaraan bermotor (93%) dan pembangkit listrik (7%) (Swisscontact, 1996). Akibat yang ditimbulkan adalah akan bercampur dengan Hemoglobin pada darah menjadi Karbon Oksida Hemoglobin (CO Hb) yang mengakibatkan terhambatnya aliran oksigen dalam darah (Arifin *et al.*, 2009).

#### 2. HC (Hidro Karbon)

HC beraroma, mudah menguap dan bentuk kimianya yaitu Parafin, Naftalin, Olefin dan Aromatik N<sub>2</sub>O (Swisscontact, 1996). Akibat yang ditimbulkan adalah merusak system pernapasan (tenggorokan), menimbulkan mata pedas, dan jenis Aromatik menyebabkan kanker (Arifin *et al.*, 2009).

#### 3. NO<sub>x</sub>

Seringkali berbentuk NO, NO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O. Zat gas ini tidak berwarna, tidak berbau dan sukar larut dalam air (Swisscontact, 1996). Karena gesekan udara akan menjadi NO<sub>2</sub> yang berwarna agak merah, berbau dan mudah larut dalam air. Akibat yang ditimbulkan adalah akan menimbulkan sukar tidur, iritasi mata, sakit pada hidung dan tenggorokan, serta batuk (Arifin *et al.*, 2009).

#### 4. Partikulat

Partikulat berbentuk debu yang sangat kecil (Arifin *et al.*, 2009). Akibat yang ditimbulkan adalah mengendap dalam paru-paru, sehingga kerjanya terganggu dan menimbulkan warna hitam pada paru-paru (Swisscontact, 1996).

5. SO<sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)

SO<sub>2</sub> bersifat korosif terhadap logam (Swisscontact, 1996). Akibat yang ditimbulkan adalah iritasi sistem membran pernafasan dan peradangan saluran udara yang menyebabkan gangguan *bronchitis* (Arifin *et al.*, 2009).

6. Timah Hitam (Pb)

Pb memiliki sifat berbau, beracun, korosi dan berwarna hitam pekat (Swisscontact, 1996). Akibat yang ditimbulkan adalah asap tebal mengganggu penglihatan, berbau, lesu, nafsu makan menurun, lemah otot dan sembelit. Pada tingkat tinggi dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, lambung dan kehamilan tidak normal (Arifin *et al.*, 2009).

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan di UPT PKB Dinas Perhubungan Jember dengan alokasi waktu mulai Juli 2012 hingga selesai.

### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.2.1 Alat Penelitian**

Beberapa alat yang akan digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Cetakan briket dari pipa besi berdiameter 11 cm dan tinggi 10 cm;
2. Alat kompaksi yang digunakan adalah hidrolik manual;
3. *Diesel Smoke Meter* model DSM-340;
4. Kompor
5. *Infrared Thermometer MS6550B MASTECH*;
6. *Oven*;
7. Thermometer;
8. *Stop Watch*;
9. Timbangan;
10. Panci

#### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Beberapa bahan yang akan digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Air dan air hangat;
2. Bahan perekat tepung kanji (air : tepung kanji = 400 ml :80 gr);
3. Arang kayu;

4. Sekam padi;
5. Arang sekam padi.

### 3.3 Tahap Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tahap persiapan, tahap pembuatan arang, tahap pencampuran arang, tahap pencetakan, tahap pengepresan, tahap uji karakteristik briket, analisa data, dan kesimpulan. Tahap-tahap tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tahap Penelitian

<b>1. Persiapan</b>	
Observasi alat dan bahan,	
<b>2. Penyediaan Arang</b>	
Pembuatan arang sekam padi dan penyediaan arang kayu yang dibeli di pasar	
<b>3. Pencampuran Bahan Briket</b>	
a. Sekam padi	( 100 ) %
b. Arang sekam padi	( 100 ) %
c. Arang sekam padi: arang kayu	(50:50) %
d. Arang sekam padi: arang kayu	(70:30) %
<b>4. Pencampuran Bahan Briket dengan Perekat (Tepung Kanji)</b>	
Perekat tepung kanji dibuat dengan mencampurkan 400 ml air dengan 80 gr tepung kanji.	
<b>5. Pencetakan dan Pengepresan</b>	
Pencetakan dilakukan dengan menggunakan cetakan dari pipa besi besar berbentuk silinder dengan diameter 11 cm dan tinggi 7 cm. Pengepresan dilakukan dengan menggunakan alat pengepres dengan hidrolis manual	
<b>6. Pengerinan</b>	
Pengerinan dilakukan dengan menggunakan <i>oven</i> selama empat hari	
<b>7. Uji Karakteristik Briket</b>	
a. uji kadar air	
b. uji nilai kalor briket,	
c. uji lama penyalaan	
d. uji opasitas gas buang yang dihasilkan	
e. uji kadar abu (hasil pembakaran)	
<b>8. Analisa Data</b>	
Membandingkan hasil uji karakteristik briket-briket berbahan dasar sekam padi.	
<b>9. Kesimpulan</b>	

### **3.3.1 Tahap Persiapan**

Pada tahap persiapan sekam padi dan arang kayu yang akan digunakan dijemur di bawah sinar matahari selama satu hari terlebih dahulu untuk mengeluarkan kandungan air di dalamnya. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kondisi lingkungan yang tidak terduga. Selain itu observasi komposisi campuran tepung kanji dan air hangat sebagai perekat briket juga dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

### **3.3.2 Tahap Penyediaan Arang**

Penyediaan arang dibagi menjadi dua macam, yaitu penyediaan arang sekam padi dan arang kayu. Arang sekam padi dibuat melalui proses sangrai, dimana alat penggorengan yang berisi sekam padi diletakkan di atas kompor dengan kapasitas 1 kg/15 menit. Arang sekam padi diaduk secara merata. Proses pembakaran terjadi tanpa menimbulkan api sehingga sekam padi akan mengalami perubahan warna. Jika sekam sudah berubah warna menjadi arang sekam, kemudian didinginkan dan siap dijadikan briket. Sedangkan arang kayu lamtoro yang digunakan dibeli di pasar Tanjung Jember yang dibuat di daerah Kecamatan Balung.

### **3.3.3 Tahap Pencampuran Bahan Briket**

Briket yang dibuat yaitu briket sekam padi (100% sekam padi), arang sekam padi tanpa campuran apapun (arang sekam padi 100%) dan briket campuran antara arang sekam padi dengan arang kayu lamtoro dibuat dengan komposisi yang berbeda yaitu (50:50)% dan (70:30)%. Namun, sebelumnya ukuran arang kayu dibuat sama dengan ukuran sekam.

### **3.3.4 Tahap Pencampuran Bahan Briket dengan Perekat (Tepung Kanji)**

Proses pencampuran bahan briket ini menggunakan perekat tepung kanji yang dicairkan dengan menggunakan air panas dengan komposisi 400 ml air dengan 80 gr tepung kanji. Kemudian perekat tepung kanji akan dicampur dengan bahan utama



yaitu sekam, arang sekam dan arang kayu sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Penggunaan perekat tepung kanji dikarenakan briket akan dimampatkan dengan tekanan rendah.

### 3.3.5 Tahap Pencetakan dan Pengepresan

Bahan campuran yang telah dibuat kemudian dicetak dengan menggunakan cetakan pipa besi berbentuk silinder dengan diameter 11 cm dan tinggi 7 cm serta lubang tengah 4 cm. Pada sekali proses pencetakan dihasilkan tujuh buah briket. Bahan baku yang telah selesai pada tahap pencetakan, kemudian dilakukan pengepresan dengan tekanan maksimal  $100 \text{ kg/cm}^2$  dan didiamkan selama satu menit. Alat cetak dan *press* briket hidrolik manual ditunjukkan pada gambar 3.1.

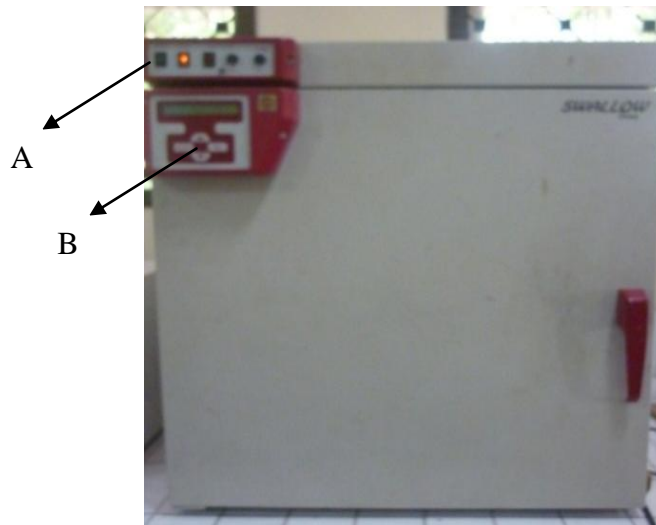


Gambar 3.1 Alat Cetak Briket : (A) Manometer, (B) Cetakan Briket, (C) Alat untuk Mengeluarkan Briket, (D) Hidrolik, (E) Tuas

### 3.3.6 Tahap Pengeringan

Briket dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan secara teratur di dalam *oven*. Kemudian *oven* dinyalakan dengan temperatur  $50^{\circ}\text{C}$  selama delapan jam per hari. Hal

ini dilakukan selama empat hari. Jika pengeringan pada *oven* terlalu lama, maka briket akan pecah. Namun jika lama pengeringan terlalu singkat, masih terdapat kandungan air yang tinggi sehingga briket sulit menyala dan berasap jika dibakar. *Oven* untuk proses pengeringan briket ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Oven* : (A) Tombol *Power*, (B) Tombol *Setting*

### 3.3.7 Tahap Uji Karakteristik

Pada tahap uji karakteristik meliputi uji kadar air, uji nilai kalor briket, uji lama penyalaan, uji emisi gas buang yang dihasilkan, dan uji kadar abu (hasil pembakaran).

#### 1. Uji Kadar Air

Pengujian kadar air merupakan suatu cara untuk mengukur banyaknya air yang terdapat di dalam briket. Sebelum briket dimasukkan ke dalam *oven*, briket ditimbang menggunakan timbangan terlebih dahulu untuk mengetahui massa briket. Setelah mengalami proses pengeringan di dalam *oven*, briket didinginkan dan ditimbang kembali. Selisih massa briket sebelum dan setelah dimasukkan ke dalam *oven* merupakan kandungan air yang terkandung dalam briket.

## 2. Uji Nilai Kalor Briket

Pengujian nilai kalor terdiri dari uji nilai kalor briket, uji temperatur lidah api (*flame*), dan uji bara briket. Pengujian nilai kalor bertujuan untuk mengetahui energi kalor yang dihasilkan pada setiap komposisi briket yang akan diuji. Briket dibakar pada sebuah tungku yang di atasnya terdapat 1 liter air dalam wadah alumunium, dan alat ukur *thermometer* diletakkan didalamnya untuk mengetahui keadaan air saat mendidih pada temperatur 90°C. Data yang diperoleh yaitu selisih antara massa air sebelum dan sesudah dipanaskan yang kemudian dihitung menggunakan persamaan (2.1).

Alat ukur temperatur *Infrared Thermometer* MS6550B MASTECH dengan *range* pengukuran temperatur -32 °C hingga 1650 °C diletakkan pada api hasil pembakaran briket untuk mengetahui temperatur lidah api (*flame*) dan bara briket pada waktu yang ditentukan untuk setiap perlakuan komposisi briket. Pada gambar 2.3 merupakan bagian-bagian *Infrared Thermometer* MS6550B MASTECH.



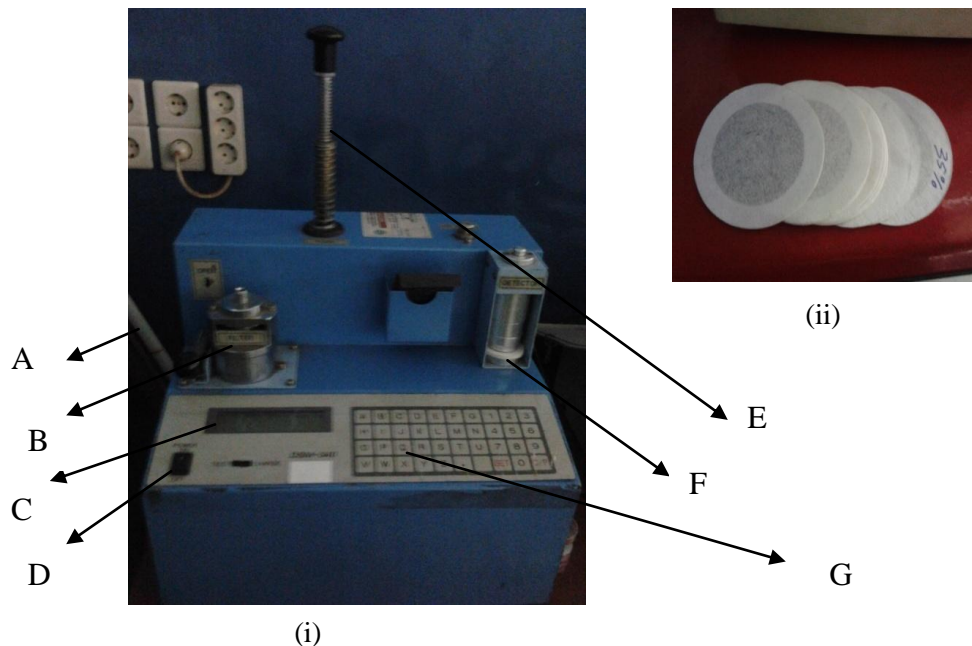
Gambar 3.3 *Infrared Thermometer* MS6550B MASTECH: (A) LCD, (B) Laser Key, (C) °C/°F Toggle Key, (D) Backlight Key, (E) Mode Selection Key, (F) Function Selection Key, (G) Save Key, (H) Recall Data Key, (I) USB Communication Key (J) Trigger, (K) Battery Cover.

### 3. Uji Lama Penyalaan Briket

Pengujian lama penyalaan briket dibagi menjadi dua macam yaitu uji lama penyalaan briket untuk mendidihkan satu liter air diukur menggunakan *stopwatch* yang dimulai ketika suhu air yang dipanaskan mencapai temperatur 40°C hingga air mendidih pada temperatur 90°C. Selain itu terdapat uji lama penyalaan briket yang dimulai saat briket dibakar hingga padam menjadi abu dengan suhu 32 °C.

### 4. Uji Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan

Pengujian opasitas gas buang bertujuan untuk mengetahui ketebalan asap yang dihasilkan setelah briket mengalami proses pembakaran. Pengujian ini menggunakan *Diesel Smoke Meter* model DSM-340 yang dibuat oleh Banzai LTD, Japan yang berada di UPT PKB Dinas Perhubungan Jember. Alat ini tidak dapat digunakan untuk mengetahui nilai konsentrasi gas-gas yang terkandung pada suatu bahan bakar, namun hanya dapat digunakan untuk mengetahui nilai opasitas.



Gambar 3.4 *Diesel Smoke Meter* model DSM-340 : (A) *Probe*, (B) *Filter Setting Gate*, (C) *LCD Display*, (D) *Tombol SET*, (E) *Tombol knob absorbing pump*, (F) *Detector*, (G) *Tombol Switch C/P* ; (ii) kertas filter

Tombol *knob absorbing pump* dari *Diesel Smoke Meter* model DSM-340 ditekan untuk membersihkan udara pada alat tersebut. *Filter setting gate* dibuka dan selembar kertas *filter* baru dimasukkan ke dalamnya. Briket dibakar didalam sebuah cerobong asap, hal ini dimaksudkan agar asap yang dihasilkan dapat terkumpul, sehingga proses pengujian emisi dapat diperoleh hasil yang optimal. Kemudian *probe* dimasukkan kedalam mulut cerobong selama 30 detik. Kertas *filter* yang terkontaminasi kemudian dikeluarkan dan ditempatkan pada *detector*. Tombol SET ditekan dan akan muncul hasil test pada *LCD display*. Tombol *Switch C/P* ditekan kemudian data tersebut dapat dicetak oleh *printer*.

## 5. Uji Kadar Abu (Hasil Pembakaran)

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui limbah abu yang dihasilkan setelah briket mengalami proses pembakaran. Setelah proses pembakaran selesai, limbah abu yang dihasilkan ditimbang menggunakan timbangan untuk mengetahui kadar abu yang dihasilkan.

### 3.3.8 Analisa Data

Data hasil pengukuran yang diperoleh dari uji karakteristik briket akan dibuat dalam bentuk grafik dan dianalisis. Grafik uji karakteristik briket terhadap komposisi briket ditampilkan menggunakan program Microsoft Office Excel 2007 dan diuji signifikansi dengan menggunakan *statistic análisis of variance* ANOVA dengan menggunakan *software* SPSS. Adapun tahapan dalam analisa uji ANOVA yaitu :

#### 1. Menentukan hipotesis

Hipotesa yang digunakan dalam uji statistik menggunakan metode *one-way* ANOVA adalah sebagai berikut :

##### a. Uji Kadar Air

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata kadar air dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata kadar air dari setiap perlakuan komposisi briket.

b. Uji Nilai Kalor

a) Uji Nilai Kalor Briket

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata nilai kalor dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata nilai kalor dari setiap perlakuan komposisi briket.

b) Uji Lidah Api (*flame*) Briket

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata lidah api (*flame*) dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata lidah api (*flame*) dari setiap perlakuan komposisi briket.

c) Uji Bara Briket

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata bara briket dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata nilai kalor dari setiap perlakuan komposisi briket.

c. Uji Lama Penyalaan Briket

a) Uji Lama Mendidihkan Satu Liter Air

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata lama mendidihkan satu liter air dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata lama mendidihkan satu liter air dari setiap perlakuan komposisi briket.

b) Uji Lama Penyalaan Briket hingga Padam

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata lama penyalaan briket hingga padam dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata lama penyalaan briket hingga padam dari setiap perlakuan komposisi briket.

d. Uji Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata opasitas gas buang yang dihasilkan dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata opasitas gas buang yang dihasilkan dari setiap perlakuan komposisi briket.

e. Uji Kadar Abu

$H_0$  (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan rata-rata kadar abu dari setiap perlakuan komposisi briket;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan rata-rata kadar abu dari setiap perlakuan komposisi briket.

2. Menentukan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) yaitu sebesar 5% atau 0,05.
3. Menentukan  $F_{\text{tabel}}$  yang diperoleh dari tabel statistik F dengan cara melihat nilai  $\alpha$  dan nilai derajat kebebasan. Dimana nilai  $F_{\text{tabel}}$  dalam penelitian ini adalah sebesar 2,725 untuk setiap uji karakteristik briket (kecuali uji lidah api (*flame*) briket, uji bara briket, dan uji opasitas gas  $F_{\text{tabel}} = 2,866$ )
4. Kriteria pengujian, Jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$  atau  $P(\text{sig}) < 0,05$  berarti  $H_0$  ditolak, Jika  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$  atau  $P(\text{sig}) > 0,05$  berarti  $H_0$  diterima.

### **3.3.9 Efisiensi Briket**

Efisiensi briket diperoleh dengan menggunakan harga gas dan briket yang digunakan sebagai bahan bakar untuk membuat empat buah briket. Penggunaan gas menggunakan tabung gas HI-COOK bermassa 220 gram yang berharga Rp 15.000,00 atau Rp 68,00 per gram. Sedangkan harga satu buah briket sebagai bahan bakar berharga Rp 700,00. Efisiensi diukur berdasarkan penggunaan gas dan briket pada proses pembuatan arang sekam padi dan pembuatan perekat tepung kanji. Efisiensi diperoleh berdasarkan selisih harga total masing-masing bahan bakar untuk membuat empat buah briket.

### **3.3.10 Kesimpulan**

Kesimpulan merupakan hasil analisis data yang berhubungan dengan perumusan masalah penelitian.



## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Analisis Data Penelitian

Penelitian karakterisasi briket ini mencakup kadar air, nilai kalor briket, lama penyalaan briket, opasitas gas buang yang dihasilkan, dan kadar abu. Setiap karakteristik briket saling mempengaruhi satu dengan lainnya. Berikut ini merupakan hasil pengukuran karakterisasi briket.

#### 4.1.1 Hasil Pengukuran Uji Kadar Air Briket

Hasil pengukuran uji kadar air briket dengan dua puluh kali pengulangan untuk setiap perlakuan ditampilkan pada tabel 4.1. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pada besar kadar air untuk setiap perlakuan komposisi briket

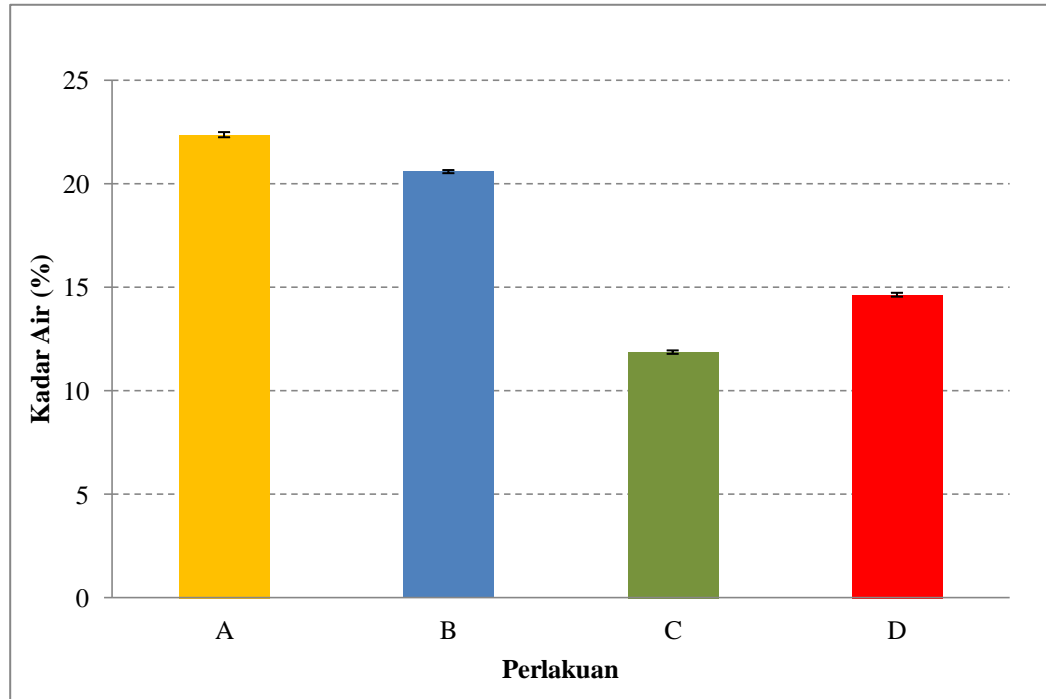
Tabel 4.1 Nilai rata-rata kadar air briket, standar deviasi, dan standar *error* untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20).

<b>Perlakuan</b>	<b>Rata-rata kadar air (%)</b>	<b>Standar deviasi (%)</b>	<b>Standar error (%)</b>
A	22,364	4,729	0,125
B	20,581	2,875	0,076
C	11,864	3,186	0,084
D	14,636	3,535	0,093

**Keterangan :**

Perlakuan A	= Sekam padi	( 100 ) %
Perlakuan B	= Arang sekam padi	( 100 ) %
Perlakuan C	= Arang sekam padi: arang kayu	(50:50) %
Perlakuan D	= Arang sekam padi: arang kayu	(70:30) %

Grafik besar kadar air untuk masing-masing perlakuan komposisi briket ditunjukkan pada gambar 4.1, terlihat bahwa perlakuan A memiliki kadar air yang tertinggi dibanding perlakuan lainnya, namun hampir sama dengan perlakuan B. Sedangkan perlakuan C memiliki kadar air terendah.



Gambar 4.1 Grafik uji kadar air briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket

Hasil analisis data didapatkan dengan menggunakan uji statistik *one-way* ANOVA melalui *software* SPSS. Pada tabel 4.2 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (2,725)$  dan  $P (sig) < 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif yaitu terdapat perbedaan rata-rata kadar air dari setiap perlakuan komposisi briket. Namun antara perlakuan A dengan perlakuan B mempunyai nilai  $F_{hitung} < F_{tabel} (2,725)$  dan  $P (sig) > 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  diterima atau tidak terdapat perbedaan rata-rata kadar air dari kedua perlakuan komposisi briket tersebut.

Tabel 4.2 Hasil analisis data uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk nilai kadar air briket.

<b>Perlakuan</b>	<b><i>F</i> (hitung)</b>	<b><i>P</i>(Sig.)</b>
A - B	2,076	0,158
A - C	67, 826	0,000
A - D	34,269	0,000
B - C	82,531	0,000
B - D	34,049	0,000
C - D	6,788	0,013

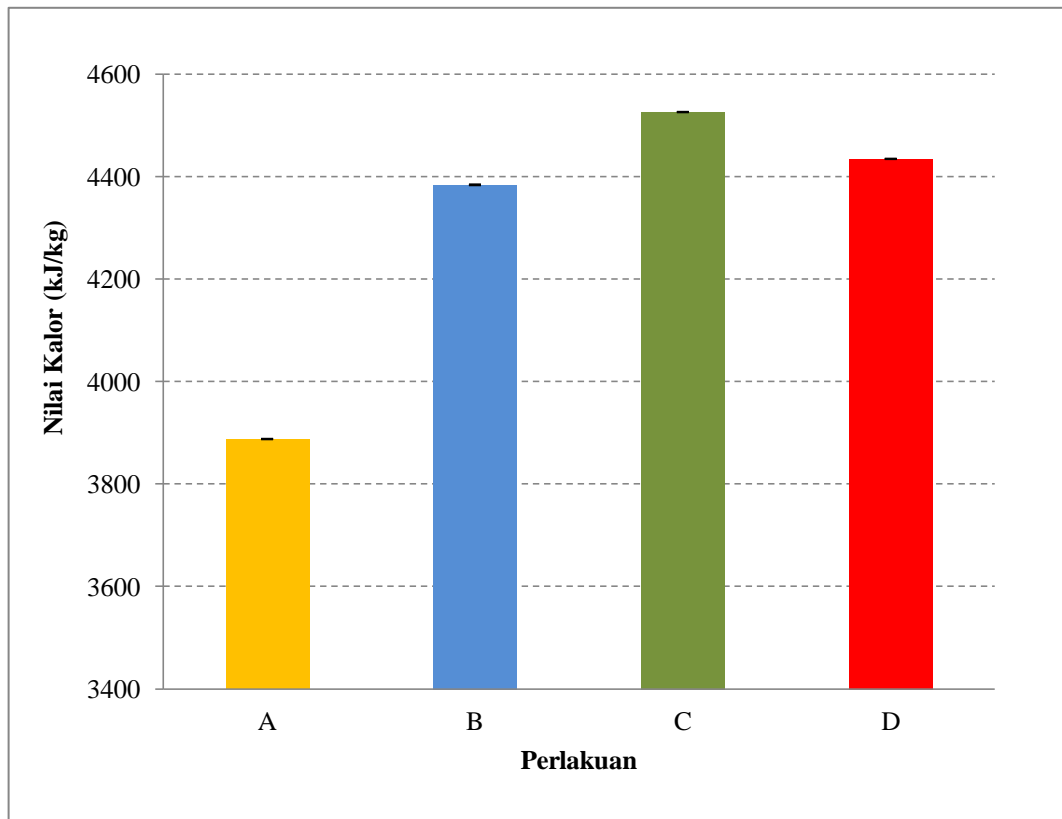
#### 4.1.2 Hasil Pengukuran Uji Nilai Kalor Briket

Pengukuran uji nilai kalor briket meliputi uji nilai kalor, uji temperatur lidah api (*flame*) dan uji temperatur bara briket. Hasil pengukuran uji nilai kalor briket dengan dua puluh kali pengulangan untuk setiap perlakuan ditampilkan pada tabel 4.3. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan besar besar nilai kalor pada setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.3 Nilai rata-rata nilai kalor briket, standar deviasi, dan standar *error* untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20).

<b>Perlakuan</b>	<b>Rata-rata nilai kalor (kJ/kg)</b>	<b>Standar deviasi (kJ/kg)</b>	<b>Standar <i>error</i> (kJ/kg)</b>
A	3887,774	3,729	0,499
B	4384,043	9,411	0,882
C	4526,097	5,143	0,455
D	4434,671	9,002	0,443

Pada gambar 4.2 yaitu grafik nilai kalor terhadap perlakuan komposisi briket, terlihat bahwa perlakuan C memiliki nilai kalor yang tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan A memiliki nilai kalor terendah.



Gambar 4.2 Grafik uji nilai kalor briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.

*Hasil uji signifikansi* pada tabel 4.4 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (2,725)$  dan  $P (sig) < 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif yaitu terdapat perbedaan rata-rata nilai kalor briket dari setiap perlakuan komposisi briket. Namun antara perlakuan B dengan perlakuan D serta perlakuan C dengan perlakuan D mempunyai nilai  $F_{hitung} < F_{tabel} (2,725)$  dan  $P (sig) > 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  diterima atau tidak terdapat perbedaan rata-rata nilai kalor briket dari kedua perlakuan komposisi briket tersebut.

Tabel 4.4 Hasil analisis data uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk nilai kalor briket.

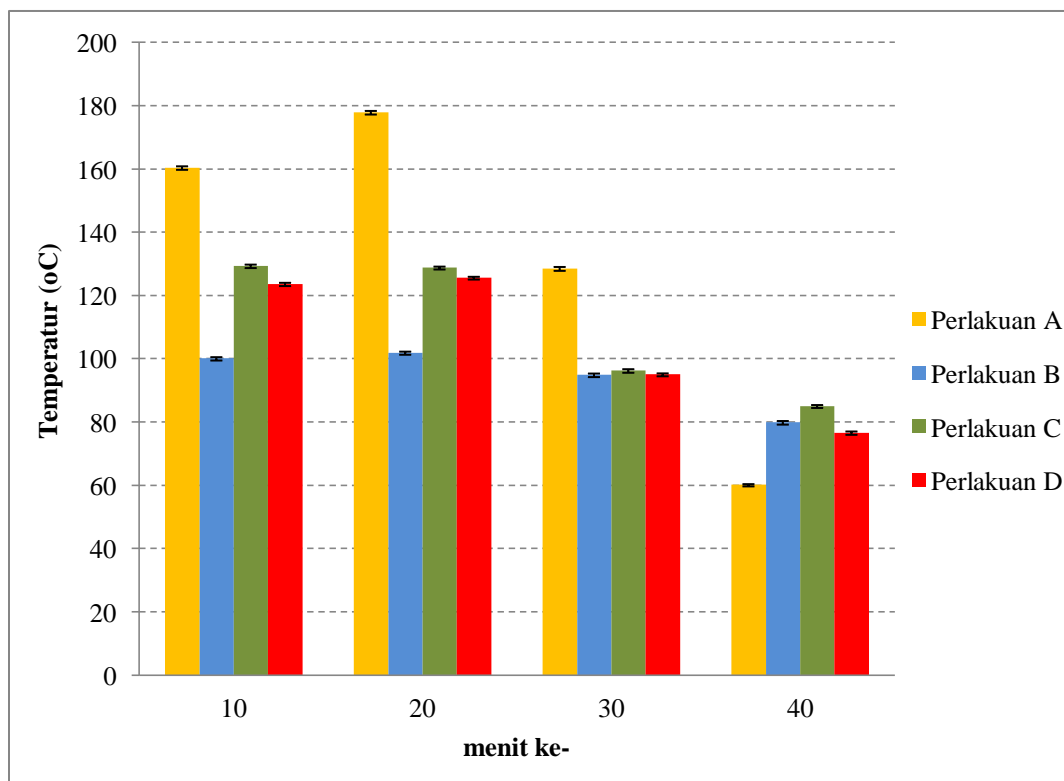
<b>Perlakuan</b>	<b>F<sub>(hitung)</sub></b>	<b>P(Sig.)</b>
A - B	55,907	0,000
A - C	101,269	0,000
A - D	26,959	0,000
B - C	8,110	0,007
B - D	0,536	0,589
C - D	2,138	0,152

Hasil pengukuran uji lidah api (*flame*) dengan sepuluh kali pengulangan pada setiap menit yang telah ditentukan untuk masing-masing perlakuan ditampilkan pada tabel 4.5. Nilai temperatur lidah api (*flame*) yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan komposisi briket semakin lama cenderung menurun.

Tabel 4.5 Nilai rata-rata temperatur lidah api (*flame*) briket, standar deviasi, dan standar *error* pada waktu yang ditentukan untuk setiap perlakuan komposisi briket (n = 10).

<b>Perlakuan</b>	<b>menit ke -</b>	<b>Rata-rata temperatur (°C)</b>	<b>Standar deviasi (°C)</b>	<b>Standar error (°C)</b>
A	10	160,410	1,749	0.553
	20	177,900	1,800	0.569
	30	128,540	1,957	0.619
	40	60,160	1,134	0.358
B	10	100,120	1,663	0.526
	20	101,900	1,541	0.487
	30	94,910	1,770	0.560
	40	79,900	1,800	0.569
C	10	129,350	1,717	0.543
	20	128,810	1,433	0.453
	30	96,280	1,792	0.567
	40	85,060	1,449	0.458
D	10	123,630	1,603	0.507
	20	125,610	1,376	0.435
	30	95,060	1,449	0.458
	40	76,630	1,667	0.527

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan temperatur lidah api (*flame*) pada setiap perlakuan komposisi briket. Sedangkan grafik besar temperatur lidah api (*flame*) untuk masing-masing perlakuan komposisi briket ditunjukkan pada gambar 4.3, terlihat bahwa perlakuan A memiliki temperatur yang tertinggi pada awal pembakaran. Namun pada menit ke-40 lidah api (*flame*) pada perlakuan tersebut menurun. Sedangkan pada perlakuan B, perlakuan C, maupun perlakuan D lidah api (*flame*) relatif stabil atau konstan.



Gambar 4.3 Grafik uji lidah api (*flame*) briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.

Hasil uji signifikansi pada tabel 4.6 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  (2,866) dan  $P$  (sig)  $< 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif atau terdapat perbedaan rata-rata temperatur lidah api (*flame*) briket dari setiap perlakuan komposisi briket. Namun antara perlakuan B dengan

perlakuan C; perlakuan B dengan perlakuan D; perlakuan C dengan perlakuan D pada menit ke-30 serta perlakuan B dan perlakuan D pada menit ke-40 mempunyai nilai  $F_{hitung} < F_{tabel} (2,866)$  atau  $P (sig) > 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  diterima atau tidak terdapat perbedaan rata-rata temperatur lidah api (*flame*) briket dari ketiga perlakuan komposisi briket tersebut.

Tabel 4.6 Hasil signifikansi uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk temperatur lidah api (*flame*) briket.

Menit ke-	Perlakuan	$F_{(hitung)}$	$P(Sig.)$
10	A - B	6242,526	0,000
	A - C	1605,672	0,000
	A - D	2403,735	0,000
	B - C	1495,408	0,000
	B - D	562,930	0,000
	C - D	59,289	0,000
20	A - B	10289,786	0,000
	A - C	2735,612	0,000
	A - D	3107,256	0,000
	B - C	1635,507	0,000
	B - D	1317,263	0,000
	C - D	25,933	0,000
30	A - B	1624,630	0,000
	A - C	1477,811	0,000
	A - D	1891,016	0,000
	B - C	2,856	0,103
	B - D	0,043	0,838
	C - D	2,802	0,111
40	A - B	861,165	0,000
	A - C	1832,662	0,000
	A - D	932,548	0,000
	B - C	49,877	0,000
	B - D	0,121	0,732
	C - D	60,441	0,000

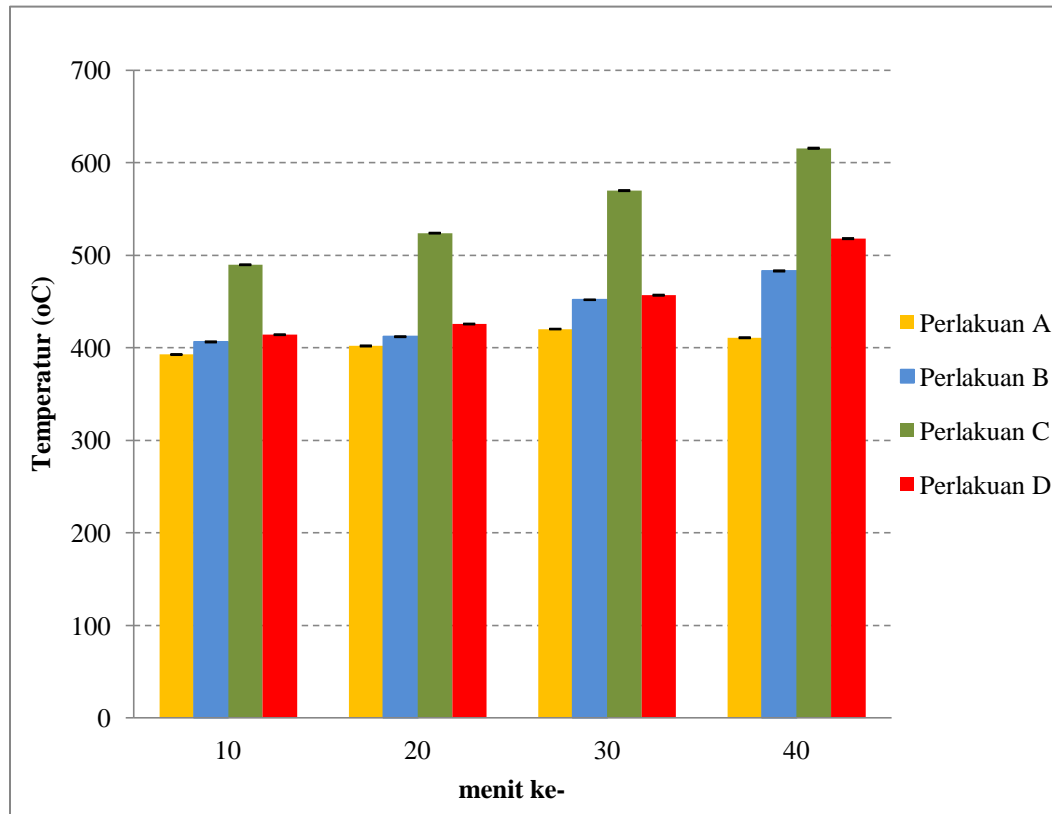
Hasil pengukuran uji bara briket seperti pada uji temperatur lidah api (*flame*) briket ditampilkan pada tabel 4.7. Nilai temperatur bara briket yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan komposisi briket berbeda-beda.

Tabel 4.7 Nilai rata-rata temperatur bara briket, standar deviasi, dan standar *error* pada waktu yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 10).

<b>Perlakuan</b>	<b>menit ke -</b>	<b>Rata-rata temperatur (°C)</b>	<b>Standar deviasi (°C)</b>	<b>Standar error (°C)</b>
A	10	392,630	1,667	0,527
	20	401,900	1,800	0,569
	30	420,160	1,134	0,358
	40	410,800	1,725	0,545
B	10	406,280	1,792	0,567
	20	411,900	1,541	0,487
	30	451,800	1,019	0,322
	40	482,970	1,879	0,594
C	10	489,650	1,428	0,452
	20	523,810	1,433	0,453
	30	569,800	1,716	0,543
	40	615,540	1,957	0,619
D	10	414,060	1,449	0,458
	20	425,610	1,376	0,435
	30	456,760	1,733	0,548
	40	517,910	1,770	0,560

Grafik untuk masing-masing perlakuan komposisi briket terhadap bara briket ditunjukkan pada gambar 4.4, terlihat bahwa temperatur bara pada perlakuan C cenderung meningkat setiap waktunya dan memiliki temperatur yang tertinggi diantara semua perlakuan komposisi briket. Pada perlakuan lainnya memiliki temperatur bara briket yang relatif stabil atau konstan.





Gambar 4.4 Grafik uji bara briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.

Pada tabel 4.8 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (2,866)$  dan  $P (sig) < 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif yaitu terdapat perbedaan rata-rata temperatur bara briket dari setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.8 Hasil signifikansi uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket untuk temperatur bara briket.

Menit ke	Perlakuan	$F_{(hitung)}$	$P(Sig.)$
10	A - B	310,900	0,000
	A - C	19526,097	0,000
	A - D	941,397	0,000
	B - C	13230,476	0,000
	B - D	113,966	0,000
	C - D	13805,461	0,000
20	A - B	178,147	0,000
	A - C	28071,614	0,000
	A - D	1094,912	0,000
	B - C	28285,436	0,000
	B - D	440,438	0,000
	C - D	24421,509	0,000
30	A - B	4310,087	0,000
	A - C	52944,821	0,000
	A - D	3124,298	0,000
	B - C	34965,402	0,000
	B - D	60,888	0,000
	C - D	21486,132	0,000
40	A - B	8004,744	0,000
	A - C	61600,577	0,000
	A - D	18783,854	0,000
	B - C	23877,009	0,000
	B - D	1832,121	0,000
	C - D	13692,010	0,000

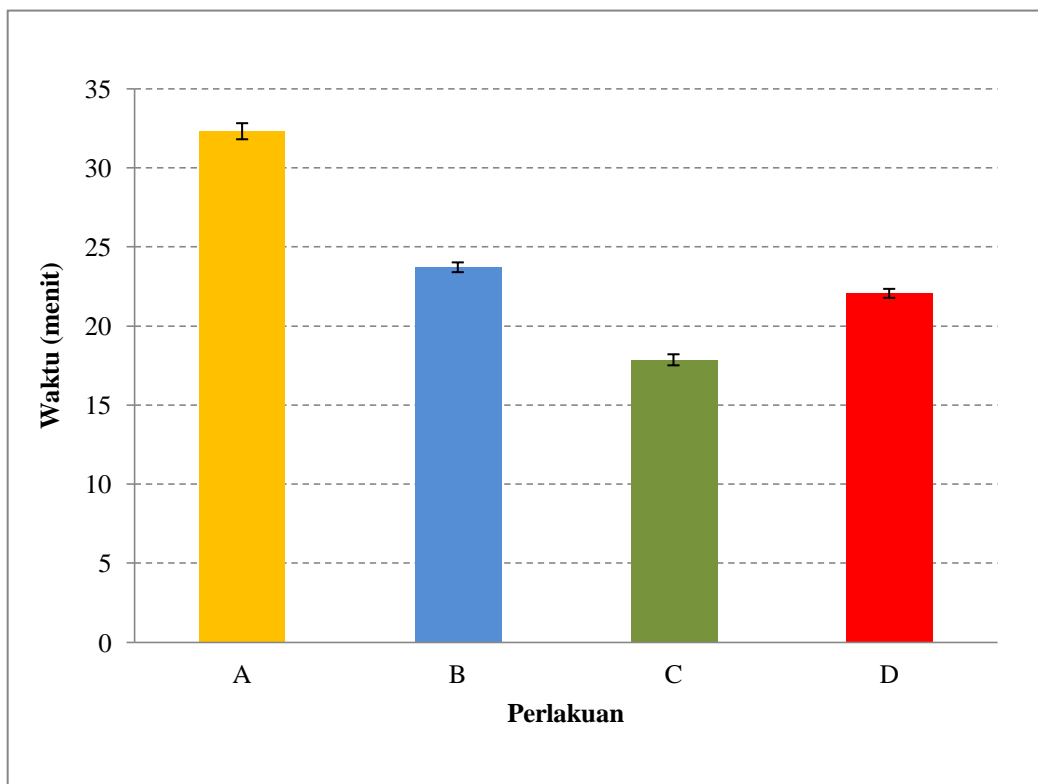
#### 4.1.3 Hasil Pengukuran Lama Penyalaan Briket

Hasil pengukuran uji lama penyalaan briket meliputi lama mendidihkan satu liter air dan lama penyalaan briket mulai awal pembakaran hingga padam menjadi abu. Uji lama mendidihkan satu liter air dengan dua puluh kali pengulangan untuk setiap perlakuan komposisi briket ditampilkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai rata-rata waktu lama mendidihkan satu liter air, standar deviasi, dan standar *error* untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20).

Perlakuan	Rata-rata lama mendidihkan 1 liter (menit)	Standar deviasi (menit)	Standar <i>error</i> (menit)
A	32,300	2,273	0,508
B	23,700	1,380	0,309
C	17,850	1,565	0,350
D	22,050	1,276	0,285

Grafik uji lama mendidihkan satu liter air briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket ditunjukkan pada gambar 4.5, terlihat bahwa perlakuan C memiliki waktu yang tercepat dalam mendidihkan satu liter air daripada perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan A memiliki waktu yang terlama dalam mendidihkan satu liter air.



Gambar 4.5 Grafik uji lama mendidihkan satu liter air briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket

Pada tabel 4.8 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  (2,725) dan  $P(\text{sig}) < 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif yaitu terdapat perbedaan rata-rata lama waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air. dari setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.10 Hasil signifikansi uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap lama waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air.

Perlakuan	$F_{(hitung)}$	$P(\text{Sig.})$
A - B	209,113	0,000
A - C	548,152	0,000
A - D	309,127	0,000
B - C	157,155	0,000
B - D	15,407	0,000
C - D	86,493	0,000

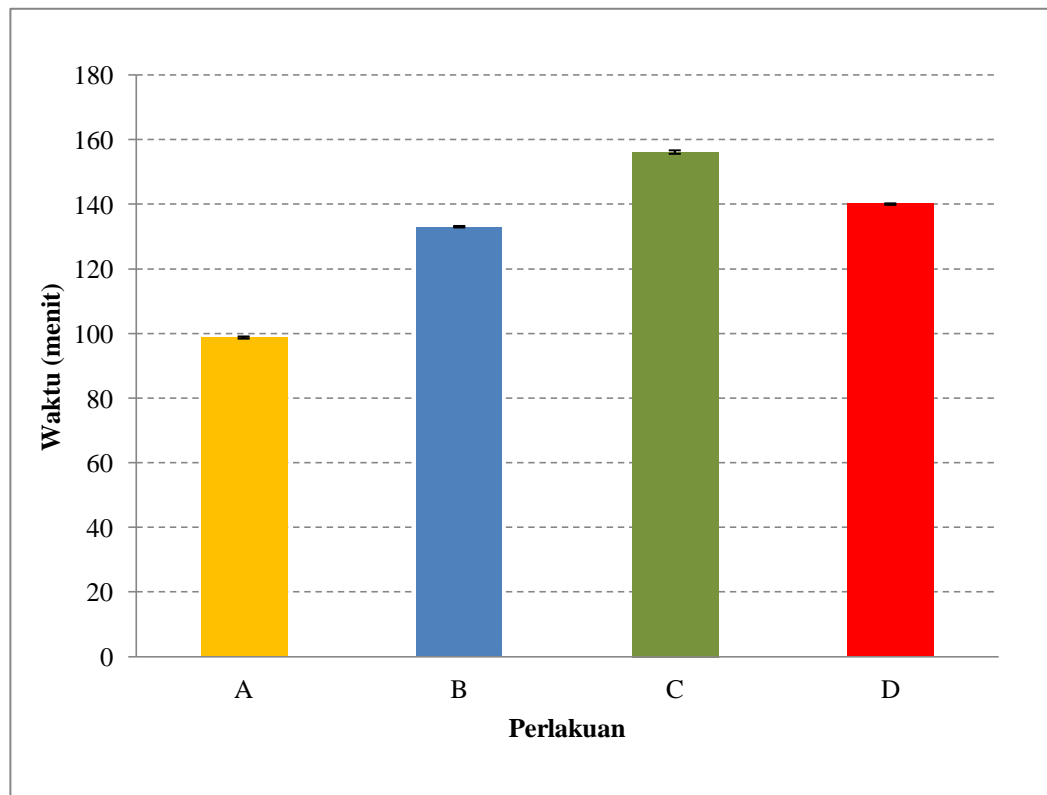
Hasil pengukuran lama waktu penyalaan briket mulai awal pembakaran hingga menjadi abu dengan dua puluh kali pengulangan untuk setiap perlakuan ditunjukkan pada tabel 4.11. Hasil tersebut menunjukkan perlakuan komposisi briket memiliki lama waktu penyalaan yang berbeda-beda untuk setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.11 Nilai rata-rata lama penyalaan briket, standar deviasi, dan standar *error* untuk masing-masing perlakuan komposisi briket ( $n = 20$ ).

Perlakuan	Rata-rata lama penyalaan briket (menit)	Standar deviasi (menit)	Standar <i>error</i> (menit)
A	98,800	3,350	0,335
B	133,100	2,337	0,234
C	156,200	5,367	0,537
D	140,100	2,291	0,229

Pada gambar 4.6 merupakan grafik uji lama penyalaan briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket, terlihat bahwa perlakuan C memiliki

waktu yang terlama untuk penyalan briket mulai awal pembakaran hingga menjadi abu. Sedangkan perlakuan A memiliki waktu tercepat untuk uji lama penyalan briket.



Gambar 4.6 Grafik uji lama penyalan briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.

Pada tabel 4.12 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (2,725)$  dan  $P (sig) < 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif atau terdapat perbedaan rata-rata lama penyalan briket hingga padam dari setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.12 Hasil uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap lama penyalaan briket.

<b>Perlakuan</b>	<b>F<sub>(hitung)</sub></b>	<b>P(Sig.)</b>
A - B	1410,303	0,000
A - C	1646,513	0,000
A - D	2070,806	0,000
B - C	311,477	0,000
B - D	91,454	0,000
C - D	152,241	0,000

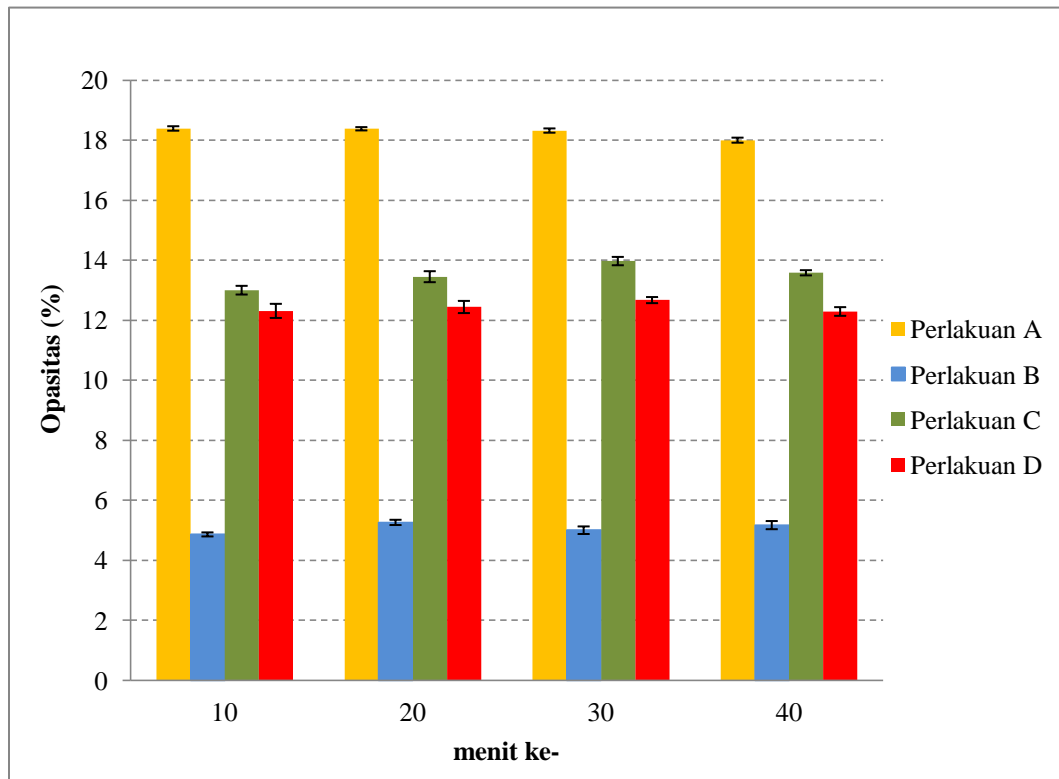
#### 4.1.4 Hasil Pengukuran Uji Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan

Hasil pengukuran uji opasitas gas buang yang dihasilkan oleh briket dengan sepuluh kali pengulangan pada waktu yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan ditampilkan pada tabel 4.13. Nilai opasitas pada setiap perlakuan komposisi briket selama beberapa waktu relatif stabil.

Tabel 4.13 Nilai rata-rata opasitas das buang yang dihasilkan briket, standar deviasi, dan standar *error* pada waktu yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 10).

<b>Perlakuan</b>	<b>menit ke -</b>	<b>Opasitas (%)</b>	<b>Standar deviasi (%)</b>	<b>Standar error (%)</b>
A	10	18,390	0,233	0,074
	20	18,380	0,175	0,055
	30	18,320	0,225	0,071
	40	18,000	0,267	0,084
B	10	4,860	0,212	0,067
	20	5,260	0,276	0,087
	30	5,000	0,400	0,126
	40	5,170	0,430	0,136
C	10	13,000	0,457	0,145
	20	13,450	0,578	0,183
	30	13,970	0,440	0,139
	40	13,580	0,274	0,087
D	10	12,310	0,742	0,235
	20	12,440	0,643	0,203
	30	12,670	0,323	0,102
	40	12,290	0,458	0,145

Grafik uji opasitas gas buang yang dihasilkan briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket ditunjukkan pada gambar 4.7, terlihat jelas bahwa opasitas tertinggi yaitu pada perlakuan A. Sedangkan perlakuan B memiliki opasitas yang terendah.



Gambar 4.7 Grafik uji opasitas gas buang yang dihasilkan briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.

Perbedaan antara perlakuan jelas pada gambar di atas. Namun hanya pada perlakuan C dan perlakuan D yang hampir sama, sehingga uji signifikansi *one-way* ANOVA hanya digunakan pada perlakuan C dan perlakuan D. Hasil uji signifikansi pada tabel 4.14 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  (2,866) dan  $P$  (sig)  $< 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif atau terdapat perbedaan rata-rata opasitas gas buang yang dihasilkan briket dari kedua perlakuan komposisi briket tersebut.

Tabel 4.14 Hasil signifikansi uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap opasitas gas buang yang dihasilkan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan

Menit ke	Perlakuan	$F_{(hitung)}$	$P(Sig.)$
10	C - D	6,275	0,022
20	C - D	6,275	0,022
30	C - D	6,275	0,022
40	C - D	58,389	0,000

#### 4.1.5 Hasil Pengukuran Uji Kadar Abu Briket

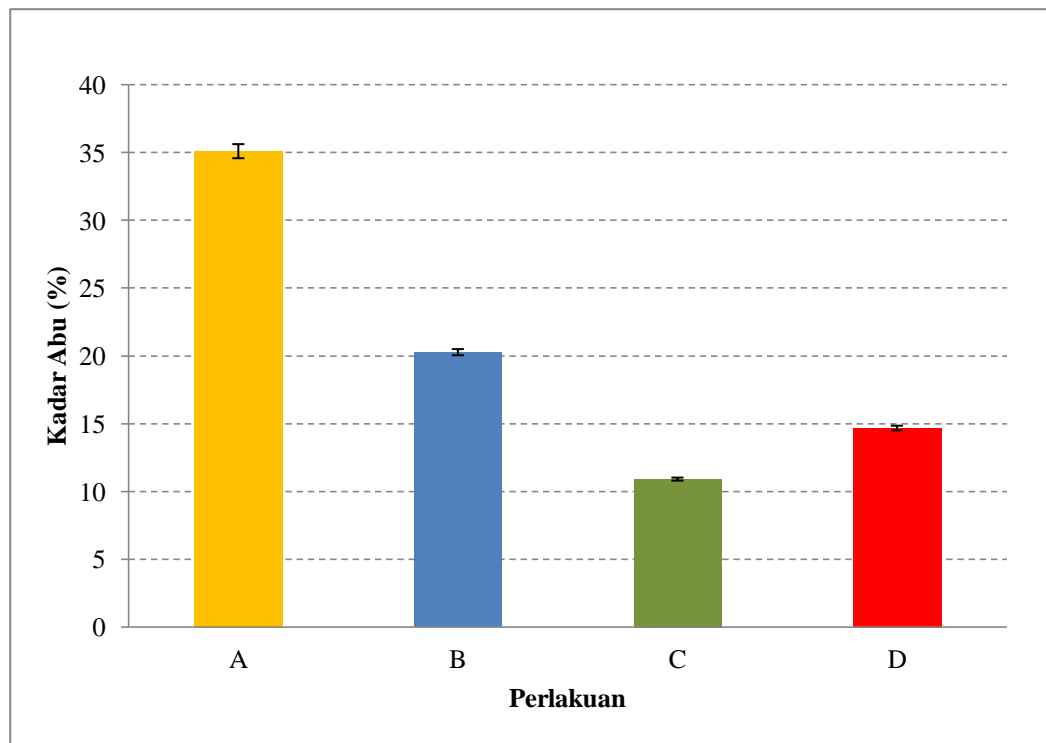
Hasil pengukuran uji kadar abu briket dengan dua puluh kali pengulangan untuk setiap perlakuan ditampilkan pada tabel 4.15. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pada besar kadar abu untuk setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.15 Nilai rata-rata kadar abu briket, standar deviasi, dan standar *error* untuk masing-masing perlakuan komposisi briket (n = 20).

Perlakuan	Rata-rata kadar abu (%)	Standar deviasi (%)	Standar <i>error</i> (%)
A	35,106	4,939	0,520
B	20,274	2,258	0,226
C	10,908	1,126	0,113
D	14,680	1,692	0,170

Gambar 4.8 merupakan grafik uji kadar abu briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket, dapat dilihat bahwa perlakuan A memiliki kandungan kadar abu tertinggi diantara perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan C memiliki kandungan kadar abu terendah.





Gambar 4.8 Grafik uji kadar abu briket terhadap masing-masing perlakuan komposisi briket.

Pada tabel 4.16 terlihat bahwa masing-masing perlakuan komposisi briket memiliki perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (2,725)$  atau  $P (sig) < 0,05$ , yang berarti bahwa  $H_0$  ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif yaitu terdapat perbedaan rata-rata kadar abu briket dari setiap perlakuan komposisi briket.

Tabel 4.16 Hasil signifikansi uji statistik *one-way* ANOVA dari empat perlakuan komposisi briket terhadap kadar abu briket.

Perlakuan	$F_{(hitung)}$	$P(Sig.)$
A - B	149,186	0,000
A - C	456,341	0,000
A - D	306,139	0,000
B - C	275,504	0,000
B - D	78,604	0,000
C - D	68,905	0,000

#### 4.1.6 Efisiensi Briket

Tabel 4.17 merupakan efisiensi briket dari segi ekonomi untuk membuat empat buah briket. Hasil tersebut menunjukkan terdapat selisih harga antara penggunaan gas dan briket sebagai bahan bakar pembuatan briket, terlihat bahwa penggunaan gas lebih murah daripada briket.

Tabel 4.17 Efisiensi briket dalam penggunaan gas dan briket untuk membuat empat buah briket

Proses	Gas			Briket		
	Massa (gr)	Harga Satuan (Rp./gr)	Harga (Rp.)	Banyak (buah)	Harga Satuan (Rp./buah)	Harga (Rp.)
Pembuatan arang	60	68	4080	7	700	4900
Lem Kanji	50	68	3400	6	700	4200
total			7480			9100
selisih						1620

## 4.2 Pembahasan

Pada hasil dan analisis didapatkan bahwa perlakuan komposisi pada setiap briket memberikan hasil pengukuran yang berbeda-beda pada setiap uji karakterisasi briket. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi dan jenis bahan penyusun briket memberikan pengaruh terhadap karakteristik briket yang dibuat. Pada tabel 4.1 terlihat bahwa nilai kadar dari yang tertinggi hingga terendah yaitu perlakuan A sebesar 22,364 %; perlakuan B sebesar 20,581 %; perlakuan D sebesar 14,636%; dan perlakuan C sebesar 11,864 %.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa jumlah kadar air semakin rendah jika jumlah sekam padi atau arang sekam padi semakin sedikit. Hal tersebut diduga karena adanya perbedaan luas permukaan bahan pembuat briket sehingga mempengaruhi jumlah kadar air. Luas permukaan sekam padi dan arang sekam padi lebih sempit

dibandingkan dengan luas permukaan arang kayu. Penelitian yang dilakukan Supriyono (2003) menjelaskan bahwa permukaan bahan yang luas memungkinkan terjadinya penguapan kadar air lebih cepat dibandingkan dengan bahan yang memiliki luas permukaan yang lebih sempit. Meskipun bahan penyusun briket antara perlakuan A dengan perlakuan B berbeda, tetapi hasil uji signifikansi menunjukkan bahwa keduanya tidak memiliki perbedaan kadar air yang signifikan.

Pada tabel 4.3 merupakan hasil pengukuran nilai kalor briket untuk setiap perlakuan komposisi briket, terlihat bahwa perlakuan C memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 4526,097 kJ/kg. Perlakuan D memiliki nilai kalor sebesar 4434,671 kJ/kg dan perlakuan B memiliki nilai kalor sebesar 4384,043 kJ/kg. Sedangkan perlakuan A memiliki nilai kalor terendah yaitu 3887,774 kJ/kg.

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa kenaikan nilai kalor terjadi jika jumlah arang kayu semakin banyak, yang berarti bahwa komposisi bahan pembuat briket memberikan pengaruh terhadap kualitas nilai kalor briket. Perbedaan jumlah kalor masing-masing perlakuan disebabkan oleh perbedaan akumulasi komposisi bahan pembuat briket tersebut. Hal ini sesuai dengan Hartoyo (1983) yang menyatakan bahwa kualitas nilai kalor briket dipengaruhi oleh nilai kalor atau energi yang dimiliki oleh bahan penyusunnya. Menurut Jamilatun (2008) nilai kalor sekam padi yaitu 3.073 kal/gr dan arang kayu yaitu 3.583 kal/gr.

Perlakuan C yang memiliki nilai kalor briket tertinggi, tetapi ternyata memiliki kadar air yang terendah dari keempat perlakuan komposisi briket. Sebaliknya, perlakuan A memiliki nilai kalor briket yang terendah, namun memiliki kadar air yang tertinggi. Begitu juga dengan perlakuan B dan perlakuan D. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin rendah kadar air briket, maka nilai kalornya semakin tinggi. Mengacu pada hasil tersebut dapat dikatakan bahwa pengukuran kadar air dapat dijadikan sebagai indikator kualitas nilai kalor briket. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Santosa (tanpa tahun) yang menjelaskan bahwa semakin sedikit kadar air dalam briket, maka semakin tinggi nilai kalornya. Hal ini didukung dengan hasil

uji analisis *one-way* ANOVA yaitu bahan perlakuan C dan perlakuan D yang rendah tidak berpengaruh secara nyata terhadap nilai nilai kalor briket.

Nilai temperatur lidah api (*flame*) dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.3, terlihat bahwa perlakuan A memiliki temperatur yang tertinggi yaitu 177,9°C pada menit ke-20 dan memiliki *trend* temperatur yang meningkat. Namun pada menit ke-40 nilai temperatur perlakuan A menurun drastis yaitu 79,9°C.

Berbeda dengan perlakuan A, ketiga perlakuan lainnya (perlakuan B, perlakuan C, dan perlakuan D) mempunyai temperatur lidah api (*flame*) yang relatif stabil yaitu perlakuan B memiliki temperatur antara 80 °C hingga 100 °C; perlakuan C memiliki temperatur antara 85°C hingga 130 °C; dan perlakuan D memiliki temperatur antara 80 °C hingga 120 °C. Hal ini diduga karena bahan penyusun pada perlakuan A tidak dikarbonisasi terlebih dahulu. Sehingga temperatur yang dihasilkan tidak teratur, dimana proses karbonisasi dapat menjaga kualitas pembakaran sekam agar lebih konstan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Surono (2010) yaitu proses karbonisasi yang dilakukan terhadap bahan penyusun briket dapat meningkatkan kandungan karbon dan nilai kalor briket serta menjaga temperatur briket secara stabil atau konstan. Pada tabel 4.7 dan gambar 4.4 menunjukkan bahwa perlakuan C memiliki temperatur bara yang cenderung meningkat hingga 600°C. Hal ini dimungkinkan karena temperatur bara pada perlakuan C belum mencapai titik yang stabil hingga menit ke-40 yang dipengaruhi oleh komposisi penyusun bahan briket tersebut. Namun pada masing-masing perlakuan komposisi briket menghasilkan bara yang relatif stabil yaitu perlakuan A menghasilkan temperatur bara sekitar 400 °C, perlakuan B sebesar 450 °C dan perlakuan D sekitar 500 °C. Hal ini dikarenakan bahan penyusun briket yang membara mengandung arang yang memberikan kalor pembakaran yang tinggi dan konstan.

Waktu yang dibutuhkan briket untuk mendidihkan satu liter air terlihat pada tabel 4.9 dan gambar 4.5, terlihat bahwa perlakuan C memiliki waktu yang tercepat untuk mendidihkan satu liter air. Sedangkan perlakuan A memiliki waktu yang

terlama untuk mendidihkan satu liter air. Hal ini dikarenakan perlakuan C memiliki nilai kalor yang tertinggi, sedangkan perlakuan A memiliki nilai kalor yang terendah.

Pada hasil dapat dilihat bahwa jika semakin tinggi nilai kalor briket, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jamilatun (2008) yaitu bonggol jagung dengan nilai kalor sebesar 5.351 kal/g membutuhkan waktu sekitar lima menit untuk mendidihkan air. Sedangkan arang kayu yang memiliki nilai kalor 3.583 kal/g membutuhkan waktu sekitar delapan menit.

Pada tabel 4.12 dan gambar 4.6, menunjukkan bahwa perlakuan C memiliki waktu terlama untuk penyalaan briket mulai awal pembakaran hingga menjadi abu. Sedangkan perlakuan A memiliki waktu tercepat. Hal ini dikarenakan bahan penyusun perlakuan A tidak mengalami proses karbonisasi sebelumnya seperti bahan pada perlakuan lainnya (perlakuan B, perlakuan C, dan perlakuan D), sehingga masih terdapat banyak kandungan zat yang mudah menguap.

Semakin mudah bahan briket terbakar, maka semakin cepat lama penyalaan briket hingga menjadi abu. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jamilatun (2008) yang menyatakan bahwa jika briket memiliki kandungan senyawa *volatile matter* (zat yang mudah menguap), maka briket akan mudah terbakar dengan kecepatan pembakaran yang tinggi yang mengakibatkan briket akan cepat padam dan habis. Berdasar hasil analisis varian menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel} (= 2,725)$  yang berarti bahwa terdapat perbedaan antar masing-masing perlakuan komposisi briket.

Nilai opasitas gas buang yang dihasilkan oleh setiap perlakuan komposisi briket ditunjukkan pada tabel 4.15 dan gambar 4.7, dapat dilihat bahwa perlakuan A memiliki opasitas gas buang tertinggi yaitu sekitar 18 % dari menit ke-10 hingga menit ke-40. Sedangkan perlakuan B memiliki opasitas gas buang yang terendah yaitu sekitar 5%. dari menit ke-10 hingga menit ke-40.

Asap yang dihasilkan oleh perlakuan A cukup banyak karena bahan penyusun briket perlakuan A tidak mengalami proses karbonisasi, sehingga masih terdapat

kadar air yang cukup tinggi. Hal ini didukung oleh Wahono (2010) yang menjelaskan bahwa 10% kandungan sekam adalah air yang mengakibatkan munculnya asap ketika sekam dibakar. Hal tersebut mengakibatkan semakin tebal asap yang dihasilkan, sehingga nilai opasitasnya juga semakin tinggi. Secara keseluruhan nilai opasitas gas buang yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan komposisi briket masih dibawah batas yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 opasitas maksimum dari emisi bukan logam yaitu 40%.

Pada tabel 4.17 menunjukkan bahwa perlakuan A memiliki kadar abu tertinggi yaitu 35,106 %. Sedangkan perlakuan C memiliki kadar abu yang terendah yaitu 10,908 %. Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa jumlah kadar abu semakin rendah jika jumlah sekam padi atau arang sekam padi semakin sedikit. Hal tersebut diduga karena jumlah silika yang tersisa dari hasil pembakaran briket yang dikandung dari arang kayu lebih besar dibandingkan dengan silika yang dikandung dari sekam padi atau arang sekam padi. Menurut Hendra dan Darmawan (2000), salah satu unsur kadar abu adalah silika yang berpengaruh terhadap kurang baiknya nilai kalor briket. Jika bahan pembuatan briket dikarbonisasi terlebih dahulu, maka nilai kadar abu yang dihasilkan akan semakin rendah (Santosa, tanpa tahun). Hal tersebut dikarenakan kandungan yang terdapat dalam bahan pembuatan briket telah banyak yang terbuang saat proses karbonisasi.

Kadar abu yang dihasilkan juga sangat berkaitan dengan jenis bahan pembuatan briket dan cara proses pengabuan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sudarmadji *et al.*, (1989) bahwa kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan dan cara pengabuannya. Apabila dikaitkan dengan kadar air dan nilai kalor briket tampak bahwa pada perlakuan briket yang memiliki kadar abu yang rendah, juga memiliki kadar air yang rendah, sehingga briket tersebut memiliki nilai kalor yang tinggi.

Efisiensi pada penelitian ini ditinjau dari segi ekonomi yaitu selisih harga antara penggunaan gas dan briket sebagai bahan bakar untuk membuat empat buah briket. Pada tabel 4.20, terlihat bahwa selisih harga antara penggunaan gas dan briket

sebesar Rp. 1.620,00 rupiah, yang berarti lebih murah gas dibandingkan briket. Harga tersebut masih belum memperhatikan biaya pembelian kompor gas.

Desain kompor gas yang dapat dimatikan kapan saja, memudahkan untuk mengatur energi yang dibutuhkan untuk membuat briket. Sehingga energi yang digunakan tidak terbuang secara sia-sia. Sedangkan penggunaan briket sebagai bahan bakar menghasilkan penyalaan yang terus menerus yang mengakibatkan keluarnya energi secara berlebihan. Selain itu, penggunaan seluruh briket tersebut masih dapat digunakan kembali, karena tidak menjadi abu seluruhnya.

## **BAB 5 PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perbedaan komposisi dan jenis bahan pembuat briket memberi pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik briket yang meliputi kadar air, nilai kalor, lama penyalaan, opasitas gas buang, dan kadar abu. Semakin rendah kadar air dan kadar abu briket, maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan, dimana perlakuan dengan komposisi arang sekam padi dan arang kayu (50:50) % memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 4526,097 kJ/kg serta memiliki kadar air dan kadar abu terendah. Semakin besar nilai kalor briket, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air. Perlakuan dengan komposisi arang sekam padi dan arang kayu (50:50) % adalah perlakuan yang tercepat untuk mendidihkan satu liter air yang membutuhkan waktu 17,850 menit. Semakin mudah bahan briket terbakar, maka semakin cepat lama penyalaan briket hingga menjadi abu. Perlakuan dengan komposisi arang sekam padi dan arang kayu (50:50) % memiliki lama penyalaan briket terlama yaitu 156,2 menit.

Bahan briket yang tidak mengalami proses karbonisasi dan mempunyai kadar air yang tinggi berpengaruh terhadap tingginya nilai opasitas gas buang dan temperatur bara briket yang tidak stabil. Perlakuan dengan komposisi arang sekam padi (100%) memiliki nilai opasitas gas buang terendah sekitar 5%. Opasitas semua perlakuan komposisi briket masih dibawah batas yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 opasitas maksimum dari emisi bukan logam yaitu 40%. Berdasarkan pertimbangan uji karakteristik briket, maka briket dengan perlakuan komposisi arang sekam padi dan arang kayu (50:50) % dan perlakuan dengan komposisi arang sekam padi (100 %) memiliki karakteristik briket yang baik.



## **5.2 Saran**

Adapun beberapa saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut agar menghasilkan kualitas briket yang lebih baik yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai berbagai komposisi bahan, baik bahan baku maupun perekat. Selain itu juga dilakukan penelitian tentang lama proses karbonisasi untuk mengetahui briket yang dihasilkan memiliki mutu yang bagus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahiduzzaman, M. 2007. Rice Husk Energy Technologies in Bangladesh. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*. **9**(1): 6
- Arifin, Z., dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung : ALFABETA
- Assureira, E. 2002. Rice husk – an alternative fuel in Perú. *Boiling Point*. (48): 35-36.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Tanpa tahun. *Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani*. <http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id/bppi/lengkap/sekampadi.pdf>. [20 April 2011].
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Emisi Gas Buang*. SNI 19-7117. 11-2005
- Bambang. 2011. *Produksi Beras 2011 Diperkirakan 37 Juta Ton* [serial online]. <http://www.antaraneews.com/berita/248157/produksi-beras-2011diperkirakan-37-juta-ton> [18 April 2011].
- Budiman, S., Sukrido, dan Harliana, A. Tanpa tahun. *Pembuatan Biobriket dari Campuran Bungkil Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) dengan Sekam sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Contained Energy Indonesia. Tanpa tahun. *Energi yang Terbarukan*. Jakarta : PNPM Mandiri
- Damanik, S. E. 2009. *Studi Sifat Hasil Pembakaran Arang dari Enam Jenis Kayu*. Sumatera Utara : LPPM Universitas Simalungun
- Dwiprabowo, H. 2010. Kajian Kebijakan Kayu Bakar Sebagai Sumber Energi di Pedesaan Pulau Jawa. Bogor. *Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan*. **7**(1): 1 - 11
- Gandhi, A. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung. *Profesional*. **8**(1): 1-11
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga

- Hakim. 2011. *Pengolahan Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Alternatif Melalui Pirolisis Lambat* [serial online]. [http:// tokoteknologi. com/ homepage/ kimia-fisika/ pengolahan-sekam-padi- menjadi-bahan -bakar-alternatif-melalui-pirolisis-lambat](http://tokoteknologi.com/homepage/kimia-fisika/pengolahan-sekam-padi-menjadi-bahan-bakar-alternatif-melalui-pirolisis-lambat) [18 April 2011].
- Halliday, D. 1985. *Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- Harpini, B. 2006. Giliran Sekam untuk Bahan Bakar Alternatif. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*. **28**(2): 1-2
- Hartoyo. 1983. *Pembuatan Arang dari Briket Arang secara Sederhana dari Serbuk Gergaji dan Limbah Industri PerKayuan*. Bogor : Puslitbang Hasil Hutan
- Hendra dan Darmawan. 2000. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perkat dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
- Hermawan, Y. 2006. *Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar dalam Bentuk Briket*. Jember : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Indoenergi. 2012a. *Pengertian Energi Hijau* [serial online]. [http: //www. indoenergi.com/ 2012/04/pengertian-energi-hijau.html](http://www.indoenergi.com/2012/04/pengertian-energi-hijau.html) [2 Desember 2012]
- Indoenergi. 2012b. *Pengertian Energi Terbarukan* [serial online].[http: //www. indoenergi.com/ 2012/04/pengertian-energi-terbarukan. html](http://www.indoenergi.com/2012/04/pengertian-energi-terbarukan.html) [ 2 Desember 2012]
- Institut Pertanian Bogor. tanpa tahun. *Energi Biomassa* [serial online]. [http :// web.ipb.ac.id/~tepfeta/elearning/media/Energi%20dan%20Listrik%20Pertanian/MATERI%20WEB%20ELP/Bab%20III%20BIOMASSA/indexBIOMASSA.htm](http://web.ipb.ac.id/~tepfeta/elearning/media/Energi%20dan%20Listrik%20Pertanian/MATERI%20WEB%20ELP/Bab%20III%20BIOMASSA/indexBIOMASSA.htm). [25 Juni 2012]
- Irawan, A. 2011. *Pengaruh Jenis Binder Terhadap Komposisi dan Kandungan Energi Biobriket Sekam Padi*. Banten: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*. **2**(2): 39-40
- Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi 3, [http: // www. Kamus besar. com/17719 / karbonisasi](http://www.kamusbesar.com/17719/karbonisasi).

- Nugraha, S. 2008. *Pemanfaatan Sekam sebagai Bahan Bakar Murah*. Informasi Ringkas Balai Besar Penelitian dan Bank Pengetahuan Padi Indonesia.
- Nugraha, S., dan Rahmat, R. 2008. Energi Mahal, Manfaatkan Briket Arang Sekam. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. **30**(4): 10-11.
- Nugroho, F. 2009. *Manfaat Abu Sekam Padi* [serial online]. <http://febrynugroho.wordpress.com/2009/04/03/manfaat-abu-sekam-padi/> [19 April 2011].
- Pangkerego, F. 2006. Briket Sekam Padi untuk Energi Alternatif Pengganti Kayu Bakar dan Minyak Tanah. *Eugenia*. **12**(3): 262-270
- Rahmad, R. 2006. Giliran Sekam untuk Bahan Bakar Alternatif. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. **28**(2): 1-3.
- Santosa, Mislaini dan Anugrah S. P. Tanpa tahun. *Studi Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket dari Kotoran Sapi dan Limbah Pertanian*. Padang : Universitas Andalas
- Sisman, C.B., and Gezer, E. 2011. Effects of rice husk ash on characteristics of the briquette produced for masonry units. *Scientific Research and Essays*. **6**(4) : 984-992.
- Subroto. 2007. Karakteristik Pembakaran Briket Campuran Arang Kayu dan Jerami. *Media Mesin*. **8**(1): 10 – 16.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty
- Sugiarti, W., dan Widyatama, W. 2009. *Pemanfaatan Kulit Biji Mete, Bungkil Jarak, Sekam Padi dan Jerami menjadi Bahan Bakar briket yang Ramah Lingkungan dan Dapat Diperbarui*. Semarang : Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Sulistiawan. 2008. *Produksi Briket Batubara dengan Variasi Campuran Arang Kayu dan Arang Sekam*. Skripsi. Universitas Muhamadiyah Malang
- Sulistyanto, A. 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa. *Media Mesin*. **7**(2): 77-84.
- Suprpto, H. 2009. *Indonesia memberi kontribusi 30 persen terhadap produksi beras ASEAN* [serial online]. [http://bisnis.vivanews.com/news/read/35619produksi\\_beras\\_indonesia\\_tertinggi\\_di\\_asean](http://bisnis.vivanews.com/news/read/35619produksi_beras_indonesia_tertinggi_di_asean). [19 April 2011].

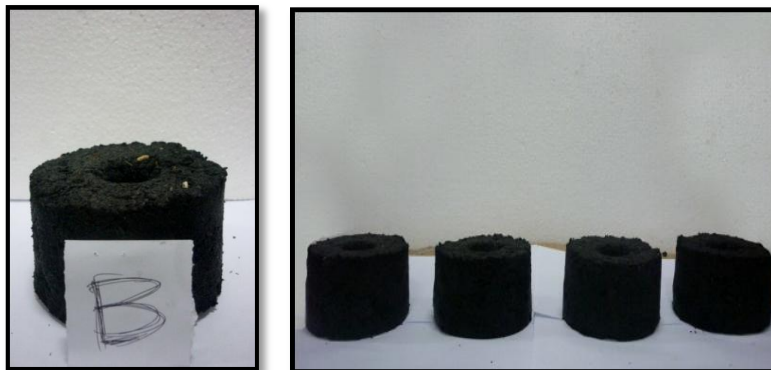
- Supriyono. 2003. *Mengukur Faktor-faktor dalam Proses Pengeringan*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Surono, U. B. 2010. Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses*. **4**(1): 13-18.
- Swisscontact. 1996. *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*. Jakarta
- Wahono, T. 2008. *Tungku Sekam Padi Alternatif Pengganti BBM* [serial online].<http://nasional.kompas.com/read/2008/08/14/17001787/Tungku.Sekam.Padi.Alternatif.Pengganti.BBM> [20 April 2011].
- Wardhana, W. A., Abidin, Z., Purnomo, S. dan Supriyono. 1998. *Energi*. Yogyakarta : BATAN
- Wibowo, A. S. 2009. *Kajian Pengaruh Komposisi dan Perekat Pada Pembuatan Briket Sekam Padi Terhadap Kalor yang Dihasilkan*. Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Yudanto, A. dan Kusumaningrum, K. Tanpa tahun. *Pembuatan Briket Bioarang dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati*. Semarang : Universitas Diponegoro

## LAMPIRAN

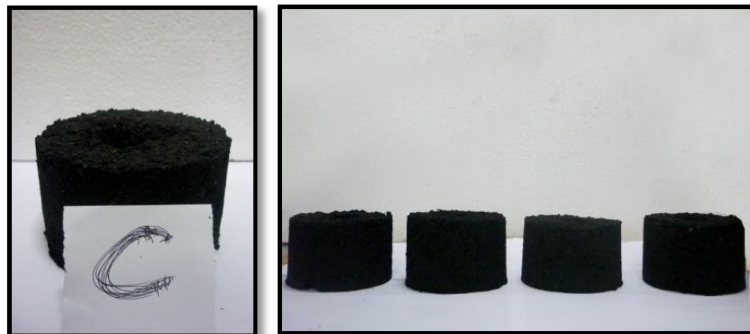
### A. Foto Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi



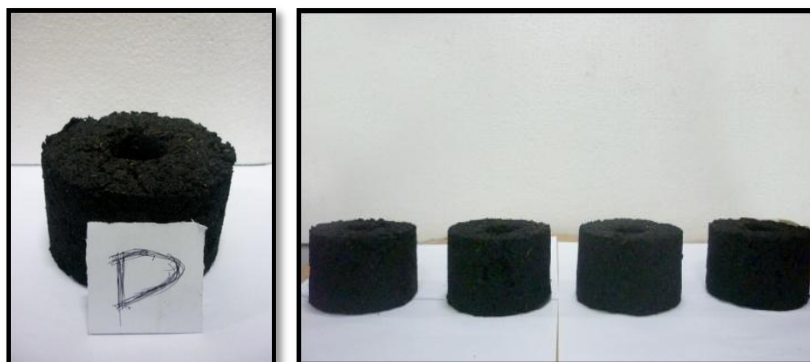
Briket sekam padi 100 %



Briket arang sekam padi 100 %



Briket arang sekam padi: arang kayu (50:50) %



Briquet arang sekam padi: arang kayu (70:30) %



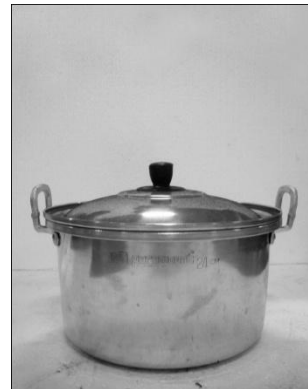
Briquet-briquet berbahan dasar sekam padi

**B. Gambar Alat dan Bahan**

*Stopwatch*



Timbangan  
Digital



Panci



Kompur Briket





Sekam Padi



Tepung Kanji



Arang Kayu



Arang Sekam Padi



Air

### C. Foto Kegiatan Penelitian



Proses Pengepresan Briket



Uji Opasitas di UPT PKB Dinas Perhubungan Jember



Lidah Api (*flame*)  
dan bara briket



Briket sebagai bahan bakar  
untuk mendidihkan air

**D. Analisa Statistik *One-Way* ANOVA terhadap Karakteristik Briket**

**D.1 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Kadar air**

*Descriptives*

	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error</i>	<i>95% Confidence Interval for Mean</i>		<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
					<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>		
Perlakuan A	20	22,364	4,729	1,058	20,151	24,578	12,000	34,620
Perlakuan B	20	20,581	2,875	0,643	19,235	21,927	16,280	27,270
Perlakuan C	20	11,864	3,186	0,712	10,373	13,355	4,170	16,670
Perlakuan D	20	14,636	3,535	0,790	12,981	16,290	6,820	21,280
Total	80	17,361	5,595	0,626	16,116	18,606	4,170	34,620

**ANOVA**

**Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31.803	1	31.803	2.076	.158
Within Groups	582.014	38	15.316		
Total	613.817	39			

**Perlakuan A – Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1102.623	1	1102.623	67.826	.000
Within Groups	617.751	38	16.257		
Total	1720.374	39			

**Perlakuan A – Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	597.283	1	597.283	34.269	.000
Within Groups	662.311	38	17.429		
Total	1259.595	39			

**Perlakuan B – Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	759.904	1	759.904	82.531	.000
Within Groups	349.886	38	9.208		
Total	1109.790	39			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	353.439	1	353.439	34.049	.000
Within Groups	394.446	38	10.380		
Total	747.885	39			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	76.850	1	76.850	6.788	.013
Within Groups	430.183	38	11.321		
Total	507.033	39			

**D.2 Analisa Statistik One-Way ANOVA Nilai Kalor Briket***Descriptive*

	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error</i>	<i>95% Confidence Interval for Mean</i>		<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
					<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>		
Perlakuan A	20	3887,774	3,729	0,499	3773,705	4001,843	3477,480	4500,280
Perlakuan B	20	4384,043	9,411	0,882	4304,756	4463,330	4135,420	4781,580
Perlakuan C	20	4526,097	5,143	0,455	4458,168	4594,026	4157,910	4781,600
Perlakuan D	20	4434,671	9,002	0,443	4322,815	4546,528	3825,230	4935,790
Total	80	4308,146	1,795	0,754	4236,979	4379,313	3477,480	4935,790

**ANOVA****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2462828.987	1	2462828.987	55.907	.000
Within Groups	1673975.093	38	44051.976		
Total	4136804.080	39			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4074559.306	1	4074559.306	101.269	.000
Within Groups	1528936.996	38	40235.184		
Total	5603496.302	39			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3141403.684	2	1570701.842	26.959	.000
Within Groups	2213994.340	38	58263.009		
Total	5355398.024	40			

### Perlakuan B - Perlakuan C

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	201792.735	1	201792.735	8.110	.007
Within Groups	945565.443	38	24883.301		
Total	1147358.179	39			

### Perlakuan B - Perlakuan D

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25632.332	1	25632.332	.597	.444
Within Groups	1630622.787	38	42911.126		
Total	1656255.119	39			

### Perlakuan C - Perlakuan D

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	83586.013	1	83586.013	2.138	.152
Within Groups	1485584.690	38	39094.334		
Total	1569170.703	39			

## D.3 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Lidah Api (*flame*) Briket Menit ke-10

### Perlakuan A - Perlakuan B

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18174.421	1	18174.421	6242.526	.000
Within Groups	52.405	18	2.911		
Total	18226.826	19			

### Perlakuan A - Perlakuan C

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4823.618	1	4823.618	1605.672	.000
Within Groups	54.074	18	3.004		
Total	4877.692	19			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4823.618	1	4823.618	1605.672	.000
Within Groups	54.074	18	3.004		
Total	4877.692	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4271.965	1	4271.965	1495.408	.000
Within Groups	51.421	18	2.857		
Total	4323.386	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3002.106	2	1501.053	562.930	.000
Within Groups	47.997	18	2.667		
Total	3050.103	20			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	163.592	1	163.592	59.289	.000
Within Groups	49.666	18	2.759		
Total	213.258	19			

**Menit ke-20****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28880.000	1	28880.000	10289.786	.000
Within Groups	50.520	18	2.807		
Total	28930.520	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14483.243	2	7241.622	2735.612	.000
Within Groups	47.649	18	2.647		
Total	14530.892	20			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15953.689	2	7976.845	3107.256	.000
Within Groups	46.209	18	2.567		
Total	15999.898	20			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3620.741	1	3620.741	1635.507	.000
Within Groups	39.849	18	2.214		
Total	3660.590	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2810.821	1	2810.821	1317.263	.000
Within Groups	38.409	18	2.134		
Total	2849.230	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51.200	1	51.200	25.933	.000
Within Groups	35.538	18	1.974		
Total	86.738	19			

**Menit ke-30****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5654.885	1	5654.885	1624.630	.000
Within Groups	62.653	18	3.481		
Total	5717.538	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5203.538	1	5203.538	1477.811	.000
Within Groups	63.380	18	3.521		
Total	5266.918	19			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5604.552	1	5604.552	1891.016	.000
Within Groups	53.348	18	2.964		
Total	5657.900	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.385	1	9.385	2.858	.103
Within Groups	57.105	18	3.173		
Total	66.490	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.113	1	.113	.043	.838
Within Groups	47.073	18	2.615		
Total	47.186	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.442	1	7.442	2.802	.111
Within Groups	47.800	18	2.656		
Total	55.242	19			

**Menit ke-40****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1948.338	1	1948.338	861.165	.000
Within Groups	40.724	18	2.262		
Total	1989.062	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3100.050	1	3100.050	1832.662	.000
Within Groups	30.448	18	1.692		
Total	3130.498	19			



**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1895.405	1	1895.405	932.548	.000
Within Groups	36.585	18	2.033		
Total	1931.990	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	133.128	1	133.128	49.877	.000
Within Groups	48.044	18	2.669		
Total	181.172	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.365	1	.365	.121	.732
Within Groups	54.181	18	3.010		
Total	54.546	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	147.425	1	147.425	60.441	.000
Within Groups	43.905	18	2.439		
Total	191.330	19			

**D.4 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Bara Briket****Menit ke-10****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	931.613	1	931.613	310.900	.000
Within Groups	53.937	18	2.997		
Total	985.550	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47064.402	1	47064.402	19526.097	.000
Within Groups	43.386	18	2.410		
Total	47107.788	19			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2296.225	1	2296.225	941.397	.000
Within Groups	43.905	18	2.439		
Total	2340.130	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34752.785	1	34752.785	13230.476	.000
Within Groups	47.281	18	2.627		
Total	34800.066	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	302.642	1	302.642	113.966	.000
Within Groups	47.800	18	2.656		
Total	350.442	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28569.241	1	28569.241	13805.641	.000
Within Groups	37.249	18	2.069		
Total	28606.490	19			

**Menit ke-20****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	500.000	1	500.000	178.147	.000
Within Groups	50.520	18	2.807		
Total	550.520	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	74310.241	1	74310.241	28071.614	.000
Within Groups	47.649	18	2.647		
Total	74357.890	19			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2810.821	1	2810.821	1094.912	.000
Within Groups	46.209	18	2.567		
Total	2857.030	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	62619.241	1	62619.241	28285.436	.000
Within Groups	39.849	18	2.214		
Total	62659.090	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	939.821	1	939.821	440.438	.000
Within Groups	38.409	18	2.134		
Total	978.230	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48216.200	1	48216.200	24421.509	.000
Within Groups	35.538	18	1.974		
Total	48251.738	19			

**Menit ke-30****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5005.448	1	5005.448	4310.087	.000
Within Groups	20.904	18	1.161		
Total	5026.352	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	111960.648	1	111960.648	52944.821	.000
Within Groups	38.064	18	2.115		
Total	111998.712	19			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6697.800	1	6697.800	3124.298	.000
Within Groups	38.588	18	2.144		
Total	6736.388	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	69620.000	1	69620.000	34965.402	.000
Within Groups	35.840	18	1.991		
Total	69655.840	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	123.008	1	123.008	60.888	.000
Within Groups	36.364	18	2.020		
Total	159.372	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	63890.208	1	63890.208	21486.132	.000
Within Groups	53.524	18	2.974		
Total	63943.732	19			

**Menit ke-40****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26042.545	1	26042.545	8004.744	.000
Within Groups	58.561	18	3.253		
Total	26101.106	19			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	209592.338	1	209592.338	61600.517	.000
Within Groups	61.244	18	3.402		
Total	209653.582	19			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	57362.761	1	57362.761	18783.854	.000
Within Groups	54.969	18	3.054		
Total	57417.730	19			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	87874.025	1	87874.025	23877.009	.000
Within Groups	66.245	18	3.680		
Total	87940.270	19			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6104.018	1	6104.018	1832.121	.000
Within Groups	59.970	18	3.332		
Total	6163.988	19			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47658.085	1	47658.085	13692.010	.000
Within Groups	62.653	18	3.481		
Total	47720.738	19			

**D.5 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Lama Mendidihkan 1 Liter Air**  
*Descriptives*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Perlakuan A	20	32,300	2,273	0,508	31,236	33,364	27,000	36,000
Perlakuan B	20	23,700	1,380	0,309	23,054	24,346	22,000	27,000
Perlakuan C	20	17,850	1,565	0,350	17,117	18,583	15,000	20,000
Perlakuan D	20	22,050	1,276	0,285	21,453	22,647	20,000	24,000
Total	80	23,975	5,539	0,619	22,742	25,208	15,000	36,000

## ANOVA

**Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	739.600	1	739.600	209.113	.000
Within Groups	134.400	38	3.537		
Total	874.000	39			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2088.025	1	2088.025	548.152	.000
Within Groups	144.750	38	3.809		
Total	2232.775	39			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1050.625	1	1050.625	309.127	.000
Within Groups	129.150	38	3.399		
Total	1179.775	39			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	342.225	1	342.225	157.155	.000
Within Groups	82.750	38	2.178		
Total	424.975	39			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27.225	1	27.225	15.407	.000
Within Groups	67.150	38	1.767		
Total	94.375	39			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	176.400	1	176.400	86.493	.000
Within Groups	77.500	38	2.039		
Total	253.900	39			

## D.6 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Lama Penyalaan Briket

### *Descriptive*

	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error</i>	<i>95% Confidence Interval for Mean</i>		<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
					<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>		
Perlakuan A	20	98,800	3,350	0,749	74,332	77,568	70,000	83,000
Perlakuan B	20	133,100	2,337	0,523	132,006	134,194	128,000	136,000
Perlakuan C	20	156,200	5,367	1,200	153,688	158,712	148,000	167,000
Perlakuan D	20	140,100	2,291	0,513	139,027	141,173	136,000	144,000
Total	80	126,338	30,666	3,429	119,513	133,162	70,000	167,000

### ANOVA

#### Perlakuan A - Perlakuan B

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11764.900	1	11764.900	1410.303	.000
Within Groups	317.000	38	8.342		
Total	12081.900	39			

#### Perlakuan A - Perlakuan C

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32947.600	1	32947.600	1646.513	.000
Within Groups	760.400	38	20.011		
Total	33708.000	39			

#### Perlakuan A - Perlakuan D

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17056.900	1	17056.900	2070.806	.000
Within Groups	313.000	38	8.237		
Total	17369.900	39			

#### Perlakuan B - Perlakuan C

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5336.100	1	5336.100	311.477	.000
Within Groups	651.000	38	17.132		
Total	5987.100	39			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	490.000	1	490.000	91.454	.000
Within Groups	203.600	38	5.358		
Total	693.600	39			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2592.100	1	2592.100	152.241	.000
Within Groups	647.000	38	17.026		
Total	3239.100	39			

**D.7 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Opasitas Gas Buang yang Dihasilkan Menit ke-10****Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.381	1	2.381	6.275	.022
Within Groups	6.829	18	.379		
Total	9.210	19			

**Menit ke-20****Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.381	1	2.381	6.275	.022
Within Groups	6.829	18	.379		
Total	9.210	19			

**Menit ke-30****Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.381	1	2.381	6.275	.022
Within Groups	6.829	18	.379		
Total	9.210	19			



**Menit ke-40****Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.321	1	8.321	58.389	.000
Within Groups	2.565	18	.143		
Total	10.886	19			

**D.8 Analisa Statistik One-Way ANOVA Kadar Abu***Descriptive*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Perlakuan A	20	35,106	4,939	1,104	32,794	37,418	28,570	44,440
Perlakuan B	20	20,274	2,258	0,505	19,217	21,330	16,670	24,240
Perlakuan C	20	10,908	1,126	0,252	10,382	11,435	9,090	12,500
Perlakuan D	20	14,680	1,692	0,378	13,888	15,472	12,200	18,920
Total	80	20,242	9,691	1,083	18,085	22,399	9,090	44,440

**ANOVA****Perlakuan A - Perlakuan B**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2200.044	1	2200.044	149.186	.000
Within Groups	560.384	38	14.747		
Total	2760.427	39			

**Perlakuan A - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5855.324	1	5855.324	456.341	.000
Within Groups	487.579	38	12.831		
Total	6342.903	39			

**Perlakuan A - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4172.252	1	4172.252	306.139	.000
Within Groups	517.887	38	13.629		
Total	4690.139	39			

**Perlakuan B - Perlakuan C**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	877.076	1	877.076	275.564	.000
Within Groups	120.948	38	3.183		
Total	998.024	39			

**Perlakuan B - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	312.878	1	312.878	78.604	.000
Within Groups	151.256	38	3.980		
Total	464.133	39			

**Perlakuan C - Perlakuan D**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	142.256	1	142.256	68.905	.000
Within Groups	78.451	38	2.065		
Total	220.707	39			