



**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL BRIKET TERHADAP  
KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG LIMBAH  
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ikawati**

**111910101102**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**



**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL BRIKET TERHADAP  
KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG LIMBAH  
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Ikawati**

**111910101102**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Warsinah dan Ayahanda Suratno yang telah memberikan dan melakukan segalanya untuk ananda;
2. Adikku Sulastris tersayang yang tidak pernah lelah mengingatkan untuk mengerjakan skripsi dan selalu menemani dalam susah maupun senang;
3. Krisna Wahyu Wijaya yang telah bersedia mendampingi hingga saat ini;
4. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
5. Bapak Dr. Nasrul Iminafik S.T.,M.T. dan Bapak Hari Arbiantara, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan skripsi ini;
6. Bapak Drs. Sujito, Ph.D. yang telah mengenalkan Universitas Jember kepada Penulis;
7. Bapak Drs. Moh. Hasan, Msc.Ph.D. selaku Ketua Beasiswa PHKI;
8. Almamater Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
9. Dulur-dulur Teknik Mesin 2011 “Dulur Sak Lawase” atas segala hal yang telah kalian berikan.
10. Agung, Yunus, Farihen, Sujat, Ihsan, Imron, Fyan, Ryan, Rahmat, dan Novan yang telah meluangkan waktunya untuk membantu penelitian ini;
11. Yurike, Novia, dan Silvi yang selalu mendengar keluh kesah penulis;
12. Tim Mobil Listrik TITEN yang telah memberikan banyak pengalaman berorganisasi;
13. Teman-teman dari Blora Dwi, Novia, Asih, Kasno, Sobirin, Bayu, dan Yanti yang telah menemani selama kuliah di Universitas Jember.

**MOTTO**

*In ahsantum ahsantum li-anfusikum, wainaaas'tumfalaha.*

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri,  
dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri.”  
(terjemahan Surat Al-Isra' ayat 7)\*

“Dan katakanlah (wahai Nabi Muhammad) tambahkanlah ilmu kepadaku.”  
(terjemahan Surat Thaaha : 114)\*

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antarmu dan orang-orang  
yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”  
(terjemahan Surat al-Mujadalah : 11)\*

“Lebih baik menjadi ikan emas di aquarium biasa dibandingkan menjadi ikan biasa di  
aquarium emas”

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ikawati

NIM : 111910101102

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL BRIKET TERHADAP KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU SENGON” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, September 2015  
Yang menyatakan,

(Ikawati)  
NIM 111910101102

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL BRIKET TERHADAP  
KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG LIMBAH  
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON**

Oleh  
**Ikawati**  
**NIM 111910101102**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T  
Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara, S.T., M.T



**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : September 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Ketua,

Sekretaris

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.  
NIP 197111141999031002

Hari Arbiantara, S.T., M.T.  
NIP 196709241994121001

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP 196806171995011001

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.  
NIP 196008121998021001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 196104141989021001

**RINGKASAN**

**Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket terhadap Karakteristik Termal Briket Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon;** Ikawati, 111910101102; 2015; 48 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Briket adalah bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang mempunyai bentuk tertentu.

Dalam penelitian ini, difokuskan pada kadar air, nilai kalor dan kadar abu briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon. Variasi yang digunakan yaitu ukuran partikel pada briket yaitu ukuran partikel 30 *mesh*, 50 *mesh* dan 70 *mesh*.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember untuk proses pembuatan briket dan pengujian kadar air, serta di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk mengukur nilai kalor dan kadar abu briket.

Dari hasil penelitian didapat nilai kadar air tertinggi pada briket dengan ukuran partikel 30 *mesh* sebesar 10,714%, nilai kalor tertinggi pada briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* yaitu sebesar 6840,064 kalori/gram dan kadar abu tertinggi pada briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* yaitu sebesar 6,052%.



**SUMMARY**

*Effect of Particle Size Variation Briquette Charcoal Briquette on Thermal Characteristics of Waste Wood Sawdust Sengon; Ikawati, 111910101102; 2015; 48 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.*

*Briquette is a solid fuel that can be used as an alternative energy source that has a certain shape.*

*In this study, focused on water content, calorific value and ash content of charcoal briquettes sawdust waste sengon. Variation used is the particle size at which briquettes particle size 30 mesh, 50 mesh and 70 mesh.*

*This research was conducted at the Laboratory of Energy Conversion Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember for the briquetting and testing moisture content, as well as in the Motor Fuel Laboratory Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya for measuring the calorific value and ash content briquettes.*

*The result is the value of the highest water content in the briquettes with a particle size of 30 mesh amounted to 10.714%, the highest calorific value the briquettes with a particle size of 70 mesh in the amount of 6840.064 calories / gram and high ash content in briquettes with a particle size of 70 mesh is equal 6,052%.*

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket terhadap Karakteristik Termal Briket Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam pelaksanaannya, penulis tidak lepas dari kesulitan dan permasalahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari proses pembuatan proposal sampai penyusunan selesai, baik mengenai ilmu yang bermanfaat, moral, dan sikap serta tanggung jawab. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

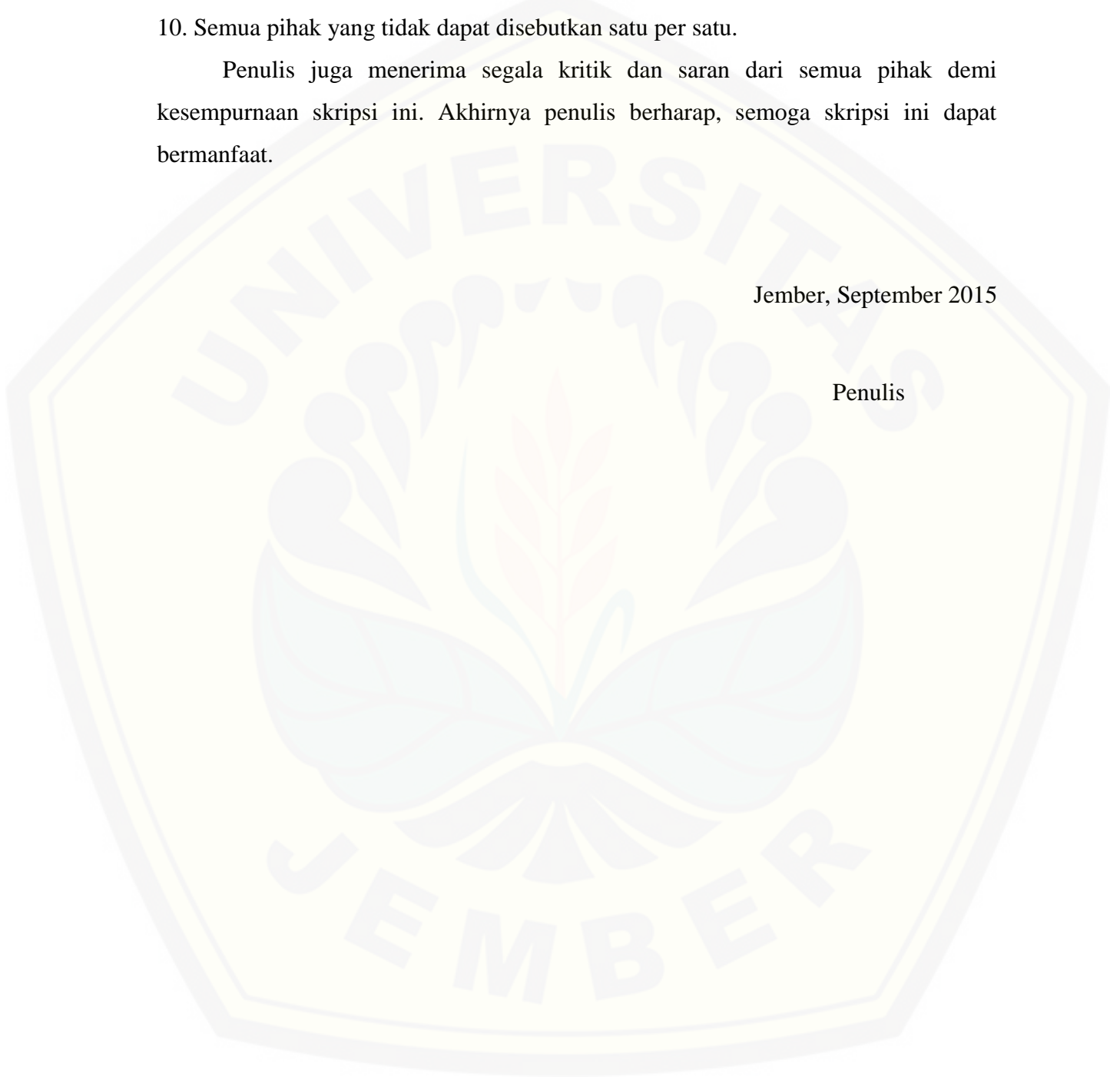
1. Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Hari Arbiantara, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Digdo Listiyadi Setiawan, M.Sc. sebagai dosen penguji I dan Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. sebagai dosen penguji II yang telah membantu memberikan ilmu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibunda Warsinah dan Ayahanda Suratno yang selalu memberikan segala bentuk kasih sayang, semangat, serta doa untuk penulis;
4. Adikku Sulastri yang selalu memacu semangat penulis yang luar biasa dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
5. Guru-guruku sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi;
6. Dulu-dulur Bedeba TM11 “Dulur Sak Lawase”, yang selalu berjalan bersama beriringan dan mengajari penulis arti kebersamaan dan indahnya persaudaraan;
7. Krisna Wahyu Wijaya yang selalu setia mendengar keluh kesah penulis, memberikan waktu, tenaga, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini;
8. Sahabat – sahabat SMA dan SMP penulis yang selalu mendukung dan saling melengkapi dalam indahnya persahabatan hingga saat ini;

9. Teman-teman dari Blora novia, dwi, kasno, sobirin, bayu dan yanti yang bersama-sama menuntut ilmu di Universitas Jember;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, September 2015

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>PEMBIMBING</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat</b> .....	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Biomassa</b> .....	5
2.1.1 Kayu Sengon .....	7
<b>2.2 Briket</b> .....	9
2.2.1 Jenis-Jenis Briket.....	11
2.2.2 Syarat-Syarat briket.....	11
2.2.3 Ukuran Partikel pada Briket.....	12
2.2.4 Perekat Briket.....	13

<b>2.3 Karakteristik Termal Briket .....</b>	<b>15</b>
2.3.1 Nilai Kalor .....	15
2.3.2 Kadar air .....	19
2.3.3 Kadar Abu .....	21
2.3.4 <i>Volatile Matter</i> .....	22
2.3.5 <i>Fixed Carbon (FC)</i> .....	23
<b>2.4 Hipotesa .....</b>	<b>23</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Metode Penelitian .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>24</b>
3.3.1 Alat .....	24
3.3.2 Bahan.....	25
<b>3.4 Variabel Penelitian .....</b>	<b>25</b>
3.4.1 Variabel Bebas .....	25
3.4.2 Variabel Terikat.....	25
<b>3.5 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>26</b>
3.5.1 Pembuatan Arang Limbah Serbuk Kayu Sengon.....	26
3.5.2 Tahapan Pembuatan Briket .....	26
3.5.3 Tahapan Penelitian .....	27
<b>3.6 Analisis Data .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7 Skema Penelitian .....</b>	<b>33</b>
<b>3.8 Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....</b>	<b>34</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Data Percobaan.....</b>	<b>35</b>
4.1.1 Hasil Pengujian Kadar Air .....	35
4.1.2 Hasil Pengujian Nilai Kalor .....	36
4.1.3 Hasil Pengujian Kadar Abu.....	37
<b>4.2 Analisis Statistik .....</b>	<b>37</b>

4.2.1 Pengujian Hipotesis pada Kadar Air Briket .....	37
4.2.2 Pengujian Hipotesis pada Nilai Kalor Briket .....	39
4.2.3 Pengujian Hipotesis pada Kadar Abu Briket.....	41
<b>4.3 Pembahasan .....</b>	<b>43</b>
4.3.1 Kadar Air Briket.....	43
4.3.2 Nilai Kalor Briket.....	45
4.3.3 Kadar Abu Briket .....	46
4.3.4 Efisiensi Listrik pada Proses Pengarangan.....	47
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Briket Serbuk Kayu.....	10
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Ayakan ( <i>Screening</i> ).....	12
Gambar 2.3 Bom Kalorimeter.....	19
Gambar 3.1 Skema Penelitian.....	34
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Air Briket .....	39
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Nilai Kalor Briket .....	41
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Abu Briket .....	43
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Air Briket .....	44
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Nilai Kalor Briket .....	45
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Abu Briket .....	46

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Unsur Kimia dalam Kayu .....	5
Tabel 2.2 Hasil Uji Proximate Briket Bahan Baku Kayu Sengon .....	7
Tabel 2.3 Karakteristik Pellet Kayu Sengon dan Standar Pellet Austria, Selandia Baru dan Swedia .....	8
Tabel 2.4 Standar Kualitas Mutu Briket .....	10
Tabel 2.5 Uji Nilai Kalor Jenis Perekat .....	14
Tabel 3.1 Keterangan Nama Sampel.....	25
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Bom Kalorimeter .....	30
Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Kadar Air .....	30
Tabel 3.4 Hasil Pengukuran Kadar Abu .....	30
Tabel 3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	35
Tabel 4.1 <i>Test of Homogeneity of Variances</i> Kadar Air Briket .....	38
Tabel 4.2 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Kadar Air Briket .....	38
Tabel 4.3 <i>Test of Homogeneity of Variances</i> Nilai Kalor Briket .....	40
Tabel 4.4 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Nilai Kalor Briket .....	40
Tabel 4.5 <i>Test of Homogeneity of Variances</i> Kadar Abu Briket .....	42
Tabel 4.6 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Kadar Abu Briket.....	42

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
<b>LAMPIRAN 1. TABEL DATA</b> .....	51
A1.1 Hasil Pengujian Kadar Air .....	51
A1.2 Hasil Perhitungan Kadar Air .....	52
A1.3 Hasil Pengujian Nilai Kalor .....	53
A1.4 Hasil Perhitungan Nilai Kalor .....	54
A1.5 Hasil Pengujian Kadar Abu .....	55
A1.6 Hasil Perhitungan Kadar Abu .....	56
A1.7 Tabel Distribusi F untuk $\alpha = 0,05$ .....	57
<b>LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN</b> .....	59

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konsumsi bahan bakar semakin meningkat, khususnya pada penggunaan bahan bakar minyak dan gas yang harganya semakin meningkat serta cadangannya semakin sedikit. Pada sisi lain tersedia sumber energi bahan bakar biomassa yang tersebar dalam berbagai bentuk, misalnya limbah hasil penggergajian kayu (Patabang D, 2013).

Salah satu jenis limbah hasil gergaji kayu yang banyak di Jember adalah limbah gergaji kayu sengon. Pada data Jember *information center* pada tahun 2014, sengon (*paraserianthes falcataria / albazia ssp*) merupakan komoditas tanaman kayu-kayuan yang berkembang di Kabupaten Jember. Berdasarkan inventarisasi yang dilakukan pada seluruh wilayah Kabupaten Jember, pada tahun 2011 terdapat sekitar 26.100.698 pohon sengon serta hampir merata tersebar di semua kecamatan, sehingga dari total areal hutan rakyat seluas 28.168,81 Ha, sekitar 90% diantaranya merupakan tanaman sengon, sedangkan komoditas lainnya adalah jati, mahoni, sonokeling, mindi dan tanaman kayu-kayuan lainnya (<http://jemberinformationcentre.com> : 22/03/2015).

Kayu sengon merupakan bahan baku dalam industri pengolahan kayu yang limbah pengolahannya belum tertangani secara maksimal, biasanya dibuang begitu saja atau dibakar untuk menghilangkan limbah tersebut sehingga perlu dipikirkan mengenai pengolahan limbah hasil proses produksi (Dwi D, 2012).

Pada penelitian Hanandito dan Willy pada tahun 2011 yaitu pembuatan briket arang tempurung kelapa dari sisa bahan bakar pengasapan ikan, diperoleh nilai kalor pembakaran briket briket tempurung kelapa dengan perekat tepung tapioka sebesar 6332,654 kal/g dengan ukuran partikel 20 *mesh* dan 6593, 169 kal/g dengan ukuran partikel 40 *mesh*. Kerapatan suatu briket dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran partikel pada briket. Semakin kecil ukuran partikel (ukuran *mesh* besar) maka

kerapatannya semakin tinggi dan menyebabkan nilai kalor tinggi. Namun kerapatan briket yang semakin tinggi juga menyebabkan laju pembakarannya semakin lambat. Sebaliknya jika ukuran partikel semakin besar (ukuran *mesh* kecil), maka kerapatannya semakin rendah dan menyebabkan nilai kalor semakin rendah pula. Dengan kerapatan briket yang rendah menyebabkan laju pembakarannya semakin cepat. Penelitian tersebut didukung dengan adanya pernyataan dari Siti Jamilatun pada tahun 2008 bahwa semakin besar kerapatan (*density*) biobriket maka semakin lambat laju pembakaran yang terjadi. Semakin besar kerapatan biobriket menyebabkan semakin tinggi pula nilai kalornya.

Karakteristik termal dalam penelitian ini meliputi nilai kalor, kadar air dan kadar abu. Pada penelitian Tokan A dkk, tahun 2014 menunjukkan pada serbuk gergaji dengan ukuran partikel 300  $\mu\text{m}$  (60,5 *mesh*) memiliki nilai kalor 16,04 MJ/kg dan pada ukuran partikel 2000  $\mu\text{m}$  (10 *mesh*) memiliki nilai kalor 17,82 MJ/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa partikel 300  $\mu\text{m}$  memiliki nilai kalor yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan partikel yang berukuran 2000  $\mu\text{m}$ . Kadar abu pada briket dengan ukuran partikel 300  $\mu\text{m}$  lebih besar dibandingkan dengan briket dengan ukuran 2000  $\mu\text{m}$ . Hal tersebut dikarenakan briket dengan ukuran partikel yang lebih kecil, mudah memadat sehingga menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaan yang tidak sempurna itulah yang menyebabkan kadar abu semakin banyak. Namun sebaliknya dengan briket dengan ukuran partikel yang lebih besar memiliki ruang pori yang banyak sehingga menyebabkan pembakaran yang sempurna. Pembakaran sempurna tersebut yang menyebabkan briket memiliki kadar abu sedikit.

Dari penelitian sebelumnya yaitu tentang briket arang kulit buah kakao dengan menggunakan kanji sebagai perekat oleh M Nasir Usman (2007) didapatkan nilai kalor terendah sebesar 4163,11 kal/g dengan ukuran partikel 30 *mesh* dan tertinggi sebesar 4372,54 kal/g dengan ukuran partikel 70 *mesh*. Dengan demikian semakin kecil ukuran partikel maka nilai kalornya semakin tinggi, demikian juga semakin kecil ukuran partikel semakin tinggi pula kerapatannya. Nilai kalor briket



arang sangat penting karena ada kaitannya dengan efisiensi atau penghematan suatu bahan bakar. Apabila nilai kalor rendah maka jumlah bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran lebih banyak sehingga nilai kalor yang dihasilkan rendah, tetapi apabila nilai kalornya tinggi artinya jumlah bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran akan lebih sedikit sehingga nilai kalor yang dihasilkan tinggi, nilai kalor briket arang merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas briket arang, layak atau tidak digunakan sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor suatu briket arang makin tinggi pula kualitasnya dan harga jualnya pun akan tinggi (Virgiawan, S. 2014).

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, karakteristik termal pada setiap bahan berbeda seiring dengan pengaruh variasi ukuran partikel briket. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi ukuran partikel briket terhadap karakteristik termal dengan bahan limbah serbuk gergaji kayu sengon. Sehingga dapat diketahui pengaruh variasi ukuran partikel briket terhadap nilai kalor, kadar air dan kadar abu pada briket limbah serbuk gergaji kayu sengon.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa karakteristik termal briket serbuk gergaji kayu sengon sebelum menjadi limbah yang terbuang. Adapun perumusannya yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon terhadap nilai kalor briket?
2. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk gergaji kayu terhadap kadar air briket?
3. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk gergaji kayu terhadap kadar abu briket?



## 1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisa penelitian ini antara lain:

1. Komposisi perekat sama untuk semua briket.
2. Tekanan pada proses pengepresan sama untuk semua briket.
3. Suhu pirolisis sama untuk semua bahan briket.
4. Tidak membahas reaksi kimia pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna

## 1.4 Tujuan dan Manfaat

### 1.4.1 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk gergaji kayu terhadap nilai kalor briket.
2. Mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk gergaji kayu terhadap kadar air briket.
3. Mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk gergaji kayu terhadap kadar abu briket.

### 1.4.2 Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh bahan bakar alternatif yang efisien dan murah.
2. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat bahwa limbah serbuk gergaji kayu sengon dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang murah.
3. Memberi pengetahuan bahwa briket serbuk gergaji kayu sengon dapat mengurangi pencemaran lingkungan.
4. Dapat meningkatkan pendapatan masyarakat apabila pembuatan briket ini dikelola dengan baik.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Biomassa**

Biomassa adalah suatu limbah benda padat yang bisa dimanfaatkan kembali sebagai sumber bahan bakar. Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu sumber energi ini dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbarui (*renewable resources*), sumber energi ini relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Surya U, 2012).

Biomassa secara umum lebih dikenal sebagai bahan kering material organik atau bahan yang tersisa setelah suatu tanaman atau material organik dihilangkan kadar airnya. Biomassa sangat mudah ditemukan dari aktivitas pertanian, peternakan, kehutanan, perkebunan, perikanan dan limbah-limbah lainnya. Limbah biomassa dan sampah biasa, menjadi salah satu pilihan sumber energi alternatif. Contoh nyata pemanfaatan energi biomassa yang berasal dari produk limbah aktivitas kehutanan dan perkebunan dan telah banyak dilaksanakan yaitu kayu bakar dan arang. Salah satu contoh limbah aktifitas kehutanan yaitu serbuk kayu (Patabang D, 2012).

Pada berbagai jenis kayu sebagai bahan bakar alternative telah dilakukan. Kayu memiliki beberapa unsur kimia, namun persentase kandungan yang terdapat di dalam kayu tersebut berbeda-beda untuk setiap jenis kayu. Biasanya jenis kayu keras memiliki persentase komposisi kimia yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kayu lunak. Komposisi unsur kimia kayu secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut (Setiawan A. dkk ,2012) :

Tabel 2.1 Komposisi Unsur Kimia dalam Kayu

No	Unsur	% Berat Kering
1	Karbon	50
2	Hidrogen	6
3	Nitrogen	0,04-0,01
4	Abu	0,26-0,50
5	Oksigen	0-45

Sumber : (Setiawan A. dkk ,2012)

Bagian kayu yang merupakan salah satu limbah padat yaitu limbah potongan kayu atau serbuk hasil gergaji kayu. Adapun komponen kimia kayu terdiri dari beberapa unsur, yaitu :

1. Unsur Karbohidrat yang terdiri dari selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun dari glukosa dengan rumus molekul  $C_6H_{12}O_6$ . Selulosa merupakan bahan utama kayu yang berkaitan erat dengan bahan struktural tumbuhan yang kompleks yang disebut lignin. Selulosa pada kayu terutama terletak pada dinding sel sekunder, yaitu 39 – 45 % (Setiawan A. dkk, 2012).

2. Unsur karbohidrat yang terdiri dari hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan senyawa dengan molekul – molekul besar yang berupa karbohidrat. Kadar hemiselulosa dalam kayu berkisar antara 15 – 25 % yang tersusun atas gula beratom C-5 dengan rumus molekul  $C_5H_{10}O_5$  yang disebut pentosan (Setiawan A. dkk, 2012).

3. Unsur non karbohidrat yang terdiri dari lignin

Lignin merupakan suatu polimer yang kompleks dengan bentuk *amorf* dan memiliki berat molekul yang tinggi. Kadar lignin dalam kayu berkisar antara 18 – 33 %. Memiliki titik nyala 250 – 275°C. Lignin tersusun atas unit–unit fenil propan. Lignin yang terdapat diantara sel – sel di dalam dinding sel, berfungsi sebagai perekat antar sel. Lignin dapat mempertinggi sifat racun yang membuat kayu tahan bakteri–bakteri perusak dan serangga, namun ada beberapa kelompok mikroorganisme seperti

jamur yang memiliki enzim tertentu yang tidak bisa dirombak oleh lignin (Setiawan A. dkk, 2012).

#### 4. Unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan (zat ekstraktif)

Zat ekstraktif merupakan komponen kayu yang dapat larut dalam pelarut seperti ester, alcohol, bensin, dan air. Kadar rata-ratanya berkisar antara 3 – 8 % dari berat kayu kering, termasuk di dalamnya resin, lilin, lemak, tannin, gula, pati, minyak, dan zat warna. Zat ekstraktif sangat penting untuk mempertahankan fungsi biologi pohon, karena dapat bersifat racun dan menghambat pertumbuhan bakteri dan serangga. Zat ekstraktif juga berfungsi dalam proses pembuatan *pulp* dan kertas (Setiawan A. dkk, 2012).

#### 5. Abu

Selain senyawa diatas, di dalam kayu juga terdapat beberapa zat organik yang disebut abu (sisa pembakaran). Kadar abu dalam kayu sekitar 0,2 – 1 % dari berat kayu kering. Komponen utama abu kayu adalah kalium, kalsium, magnesium, dan silikon (Setiawan A. dkk, 2012).

#### 2.1.1 Kayu Sengon

Kayu sengon merupakan bahan baku dalam industri pengolahan kayu yang limbah pengolahannya belum tertangani secara maksimal, biasanya dibuang begitu saja atau dibakar untuk menghilangkan limbah tersebut sehingga perlu dipikirkan mengenai pengolahan limbah hasil proses produksi (Dwi D, 2012).

Dalam pemanfaatannya kayu sengon secara umum hanya dimanfaatkan batang kayunya saja. Secara mendasar masyarakat kurang mengerti bagaimana cara memanfaatkan limbah serbuk kayu sengon tersebut. Permasalahan pengolahan limbah sengon pasca penggunaan belum dipikirkan secara mendalam. Hal ini didasari pada studi awal yang menemukan bahwa limbah pengolahan di setiap industri mencapai 2-5 m<sup>3</sup> per hari yang belum terolah secara maksimal oleh pemilik industri, biasanya hanya dibuang begitu saja atau dibakar untuk menghilangkan limbah tersebut.

Berikut hasil uji proximate briket bahan baku kayu sengon dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini: (Patabang D, 2012).

Tabel 2.2 Hasil uji proximate briket bahan baku kayu sengon

<b>Sampel</b>	<b>Kadar Air</b> %	<b>Kadar Volatil</b> %	<b>Kadar Abu</b> %	<b>Kadar Karbon Terikat</b> %	<b>Nilai kalor</b> <b>Kal/gram</b>
1	8.525	89,111	1,861	0,503	4202,57
2	8.031	90,284	1,502	0,183	4270,90
3	7.916	90,624	1,415	0,045	4270,43
<b>Rata-rata</b>	8.158	90,006	1,593	0,243	4247,967

Sumber : (Patabang D, 2012)

Pada penelitian Sanusi, D dkk. tahun 2010 tentang penelitian karakteristik pellet kayu sengon. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik pellet kayu sengon yang meliputi kadar air, kerapatan, kadar abu, nilai kalor dan penyalaan pellet kayu sengon. Pada penelitian tersebut ukuran serbuk kayu sengon 22 *mesh*. Kemudian dipanaskan dengan suhu 90°C, 110°C dan 130°C. Setelah proses pemanasan serbuk dicetak menggunakan tekanan 93 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini:



Tabel 2.3 Karakteristik Pellet Kayu Sengon dan Standar Pellet Austria, Selandia Baru dan Swedia

Karakteristik Pellet	Perlakuan			Standar Pellet Kayu		
	90°C	110°C	130°C	Austria	Selandia baru	Swedia
Kadar Air (%)	3,87	3,55	3,48	Maks 12	Maks 8	Maks 10
Kerapatan (kg/m <sup>3</sup> )	790	880	960	-	Min 641	Min 600
Kadar Abu (%)	0,68	0,71	0,73	Maks 0,5	Maks 1	Maks 0,7
Nilai Kalor (MJ/kg)	18,12	18,42	19,08	Min 18	Min 19,1	Min 16,9
Penyalaan (Detik)	4,19	3,51	2,98	-	-	-
Pembakaran (Mesnit)	8,36	7,15	6,03			

Sumber : (Sanusi, D dkk. 2010)

Dari Tabel 2.3 menunjukkan bahwa pada perlakuan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C, kadar air pellet masing-masing pellet sebesar 3,87%, 3,55%, dan 3,48%. Kadar air pellet tersebut telah memenuhi standar pellet Austria, Selandia Baru, dan Swedia. Kerapatan pellet masing-masing pellet sebesar 790 kg/m<sup>3</sup>, 880 kg/m<sup>3</sup>, dan 960 kg/m<sup>3</sup>. Kerapatan pellet tersebut telah memenuhi standar Selandia Baru dan Swedia. Kadar abu pellet masing-masing pellet sebesar 0,68%, 0,71%, dan 0,73%. Kadar abu pellet tersebut telah memenuhi standar Selandia Baru. Nilai kalor pellet masing-masing pellet sebesar 18,12 MJ/kg, 18,42 MJ/kg, dan 19,08 MJ/kg. Nilai kalor pellet tersebut juga telah memenuhi standar Austria dan Selandia Baru. Lama penyalaan pellet masing-masing pellet 4,19 detik, 3,51 detik, dan 2,98 detik. Lama pembakaran pellet masing-masing pellet 8,36 menit, 7,15 menit dan 6,03 menit (Sanusi, D. dkk 2010).

Pellet kayu merupakan salah satu sumber energi alternatif dan ketersediaan bahan bakunya sangat mudah ditemukan. Bahan baku pellet kayu berupa limbah eksploitasi seperti sisa penebangan, cabang dan ranting, limbah industri perkayuan



seperti sisa potongan, serbuk gergaji dan kulit kayu, limbah pertanian seperti jerami dan sekam. Pemanfaatan pellet kayu sebagai bahan pemanas ruangan dan pembangkit listrik telah dimulai sejak dekade 90-an di sebagian besar negara Uni Eropa dan Amerika ketika terjadi lonjakan harga minyak dunia yang mengakibatkan terjadinya krisis minyak dunia. Pada dasarnya kayu sengon merupakan bahan baku alternatif. Terbukti dengan adanya penelitian pellet kayu sengon yang terbuat dari serbuk gergaji kayu sengon. Mutu pellet kayu sengon sangat dipengaruhi oleh suhu pemanasan, semakin tinggi suhu pemanasan semakin baik mutu pellet yang dihasilkan. Pellet kayu sengon yang dihasilkan dari perlakuan suhu pemanasan 130°C memiliki mutu yang lebih baik daripada perlakuan suhu pemanasan 90 °C dan 110 °C. Karakteristik pellet kayu sengon yang dihasilkan dari perlakuan suhu pemanasan 130 °C, seperti kadar air, kerapatan dan nilai kalor memenuhi standar Austria, Selandia Baru, dan Swedia, kecuali kadar abu yang hanya memenuhi standar Selandia Baru. Dengan kata lain pellet kayu sengon yang terbuat dari serbuk gergaji kayu sengon tersebut layak untuk dijadikan bahan bakar alternatif (Sanusi, D. dkk. 2010).

## **2.2 Briket**

Briket adalah bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang mempunyai bentuk tertentu. Kandungan air pada pembriketan antara (10 – 20)% berat. Ukuran briket bervariasi dari (20 – 100) gram. Pemilihan proses pembriketan tentunya harus mengacu pada segmen pasar agar dicapai nilai ekonomis, teknis dan lingkungan yang optimal. Pembuatan briket bertujuan untuk memperoleh suatu bahan bakar yang berkualitas yang dapat digunakan untuk semua sektor sebagai sumber energi pengganti (Surya U, 2012). Contoh briket dapat terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Briket serbuk kayu

Sumber : (<http://annisafathonah.blog.uns.ac.id/tag/briket/>)

Pembuatan briket dapat dilakukan dengan berbagai macam variasi bahan yang dirasa tidak dimanfaatkan, seperti briket limbah pertanian maupun limbah pengolahan kayu seperti limbah serbuk gergaji kayu. Standar kualitas mutu briket dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut (Rexanindita, J. 2013):

Tabel 2.4 Standar Kualitas Mutu Briket

Sifat Briket	Kualifikasi Briket			
	Jepang	Ingrris	Amerika	Indonesia
Kadar Air (%)	0-8	3-4	6	7,75
Kadar Abu (%)	3-6	8-10	18	5,51
Kadar zat menguap (%)	5-30	16	19	16,14
Kadar karbon terikat (%)	60-80	5	58	78,35
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	1-2	0,84	1	0,44007
Kekuatan Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	60	12,7	62	0,4
Nilai Kalor (kal/g)	0-7000	6500	7000	6814,11

Sumber : (Rexanindita, J. 2013)

### 2.2.1 Jenis-Jenis Briket

Briket yang paling umum digunakan adalah briket batu bara, briket arang, briket gambut, dan briket biomassa. Menurut Patabang D (2012), bahan biomassa yang dapat digunakan untuk pembuatan briket berasal dari :

1. Limbah pengolahan kayu seperti :*logging residues, bark, saw dusk, shavinos, waste timber.*
2. Limbah pertanian seperti; jerami, sekam padi, ampas tebu, daun kering, tongkol jagung.
3. Limbah bahan berserat seperti; serat kapas, goni, sabut kelapa.
4. Limbah pengolahan pangan seperti kulit kacang-kacangan, biji-bijian, kulit-kulitan.
5. *Selulosa* seperti, limbah kertas, karton.

Berdasarkan beberapa jenis bahan biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk briket, maka salah satu jenis limbah yang perlu diteliti yaitu *sawdust* (serbuk kayu). Dalam hal ini sesuai data *Jember information Center* pada tahun 2014, sengon (*paraserianthes falcataria / albazia ssp*) merupakan komoditas tanaman kayu-kayuan yang berkembang di Kabupaten Jember. Berdasarkan inventarisasi yang dilakukan pada seluruh wilayah kecamatan Jember, pada tahun 2011 terdapat sekitar 26.100.698 pohon sengon serta hampir tersebar merata di semua kecamatan, sehingga dari total areal hutan rakyat seluas 28.168,81 Ha, sekitar 90% diantaranya merupakan tanaman sengon, sedangkan komoditas lainnya adalah jati, mahoni, sonokeling, mindi dan tanaman kayu-kayuan lainnya.

### 2.2.2 Syarat – Syarat Briket

Menurut Agung Setiawan (2012) syarat briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Mudah dinyalakan.
2. Tidak mengeluarkan asap.
3. Emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun.
4. Kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama.

5. Menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

### 2.2.3 Ukuran partikel pada briket.

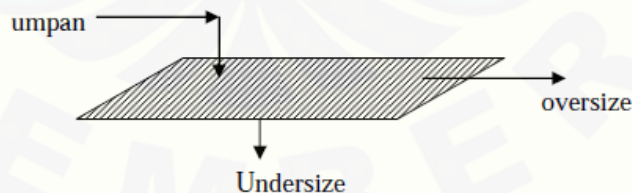
Ukuran partikel meliputi ukuran partikel berbentuk bola (butiran) dan partikel berbentuk menyerupai kubus. Ukuran partikel dapat dinyatakan dalam bentuk volume, luas permukaan, dan panjang. Beberapa cara untuk menentukan ukuran partikel yaitu (Distantina, S. 2011):

#### 1. Mikroskop

Mikroskop digunakan untuk mengukur partikel berukuran sekitar  $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ .

#### 2. *Screening*

*Screening* bekerja dengan cara melewatkan bahan melalui ayakan seri (*sieve shaker*) yang mempunyai ukuran lubang ayakan semakin kecil. Setiap pemisahan padatan berdasarkan ukuran diperlukan pengayakan. Standar *screen* mampu mengukur partikel dari 76 mm sampai dengan  $38 \mu\text{m}$ . Operasi *screening* dilakukan dengan jalan melewatkan material pada suatu permukaan yang banyak lubang dengan ukuran yang sesuai. Prinsip kerja ayakan dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini (Distantina, S. 2011) :



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Ayakan (*Screening*)

Sumber : (Distantina, S. 2011)

Keterangan:



Fraksi *oversize* : Fraksi padatan yang tertahan pada ayakan.

Fraksi *undersize* = fraksi padatan yang lolos ayakan.

### 3. Sedimentasi (fluida diam, zat padat mengendap dengan gaya gravitasi).

Teori gerak partikel dalam fluida mengatakan bahwa partikel berukuran kecil yang jatuh dalam fluida, pada suatu kecepatan tertentu adalah setara dengan ukuran partikelnya. Berikut cara untuk mengukur partikel dengan sedimentasi (Distantina, S. 2011):

- a. Sampel dalam *slurry* diendapkan,
- b. Pada beberapa ketinggian tertentu diambil sampel (dengan pipet),
- c. Masing-masing dipanaskan agar kering, kemudian ditimbang,
- d. Selanjutnya dievaluasi konsentrasinya sebagai fungsi waktu.

### 4. Elutriasi

*Elutriasi* yaitu aliran fluida ke atas dengan kecepatan tetap, sehingga butiran dengan ukuran tertentu terbawa ke atas, sedangkan ukuran yang lebih besar sebagai hasil bawah (Distantina, S. 2011).

Contoh *elutriasi* : pemisahan campuran silika dan galena menggunakan air.

### 5. Sentrifugasi

*Sentrifugasi* hampir seperti sedimentasi, tetapi zat padat diendapkan dengan gaya sentrifugal (memutar dan turun) (Distantina, S. 2011).

#### 2.2.4 Perekat briket

Untuk merekatkan partikel – partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat perekat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Berdasarkan fungsi dari perekat dan kualitasnya, pemilihan bahan perekat dapat dibagi sebagai berikut (Setiawan. Dkk. 2012) :

##### 1. Berdasarkan sifat/bahan baku perekat briket.

Adapun karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut:



- a. Memiliki gaya *kohesi* yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batubara.
- b. Mudah terbakar dan tidak berasap.
- c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
- d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

## 2. Berdasarkan jenis bahan baku perekat

Jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket, yaitu :

### a. Pengikat anorganik

Pengikat anorganik dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Pengikat anorganik ini mempunyai kelemahan yaitu adanya tambahan abu yang berasal dari bahan pengikat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contoh dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung (tanah liat), natrium silikat (Setiawan, dkk. 201).

### b. Pengikat organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Contoh dari pengikat organik diantaranya kanji, tar, aspal, amilum, molase dan parafin. Adapun bahan perekat dalam pembuatan briket ini adalah tepung tapioka (sagu) (Setiawan, dkk. 201).

Nilai kalor, stabilitas dan ketahanan briket dapat dipengaruhi oleh pemilihan jenis perekat yang digunakan dalam pembuatan briket. Dalam pemilihan jenis perekat dapat juga memperhatikan nilai kalor dari masing-masing perekat. Nilai kalor masing-masing bahan perekat dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini (Hanandito dan Willy, 2011):

Tabel 2.5 Uji nilai kalor jenis perekat

Jenis Perekat	Nilai Kalor (kal/g)
Tapioka	6,332,654
Terigu	6,455,888
Molase	6,106,239
Silikat	5,808,168

Sumber : (Hanandito dan Willy, 2011)

Dari Tabel 2.5 diperoleh nilai kalor untuk jenis perekat tepung terigu memiliki nilai kalor paling tinggi dibandingkan jenis perekat lainnya. Hal tersebut disebabkan oleh kadar air pada tepung terigu sebesar 12% lebih kecil dibandingkan kadar air pada tepung tapioka sebesar 15%.

### 2.3 Karakteristik Termal Briket

Karakteristik termal briket meliputi beberapa hal sebagai berikut:

#### 2.3.1 Nilai kalor (*Heating value/calorific value*)

Nilai kalor bahan bakar terdiri dari HHV (*highest heating value/* nilai kalor atas) dan LHV (*low heating value/* nilai kalor bawah). Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gram air dari 3,5- 4,5°C dengan satuan kalori. Nilai kalor tinggi atau *High Heating Value (HHV)* adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar, tanpa adanya kandungan air pada bahan bakar. Nilai kalor rendah atau *Low Hating Value (LHV)* adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar dan sebagian dimanfaatkan untuk penguapan sehingga kandungan air pada bahan bakar akan habis. Makin tinggi berat jenis bahan bakar, makin rendah nilai kalor yang diperolehnya. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kalor disebut bom

kalorimeter (*Bomb Kalorimeter*). Besarnya nilai kalor dapat dirumuskan sebagai berikut dengan menggunakan ASTM D-2015:

$$HHV = \frac{(EE \times \Delta T) - (Acid) - (Fulse)}{Massa \text{ Bahan}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

*HHV* = *Higest Heating Value* (kal/gram)

*Acid* = Sisa Abu (kal/gram)

*Fulse* = Panjang kawat yang terbakar

$\Delta T$  = Selisih Suhu ( $^{\circ}C$ )

EE = Standart Benzoit

$$\text{Dengan } EE = \frac{6318 \times \text{Massa Bahan}}{\text{Selisih Suhu}} \dots\dots\dots (2.2)$$

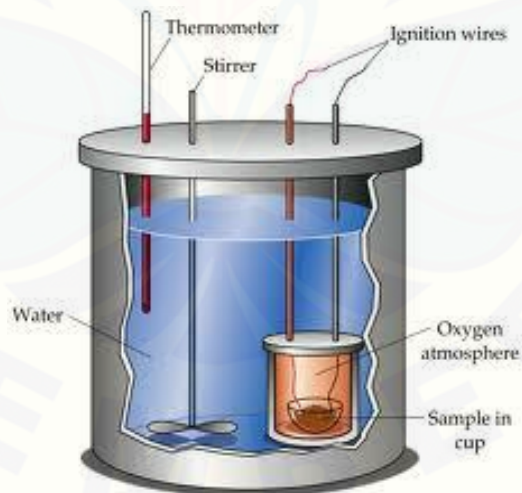
Menurut Ismayana dan Rizal tahun 2011 nilai kalor perlu diketahui dalam pembuatan briket, karena untuk mengetahui nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan oleh briket sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar briket, maka akan semakin naik pula kualitasnya. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka semakin tinggi nilai kalor yang diperolehnya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kualitas nilai kalor suatu briket akan meningkat seiring dengan bertambahnya bahan perekat dalam briket tersebut.

Pada penelitian Hanandito dan Willy tahun 2011, diperoleh nilai kalor pembakaran briket briket tempurung kelapa dengan perekat tepung tapioka sebesar 6332,654 kal/g dengan ukuran partikel 20 *mesh*, 6192, 258 kal/g dengan ukuran partikel 30 *mesh* dan 6593, 169 kal/g dengan ukuran partikel 40 *mesh*. Kerapatan suatu briket dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran *mesh* pada briket. Semakin kecil ukuran *mesh* maka kerapatannya semakin tinggi dan menyebabkan nilai kalor tinggi. Namun kerapatan briket yang semakin tinggi juga menyebabkan laju pembakarannya

semakin lambat. Sebaliknya jika ukuran *mesh* semakin besar, maka kerapatannya semakin rendah dan menyebabkan nilai kalor semakin rendah pula.

Pada penelitian Tokan A dkk, tahun 2014 menunjukkan pada serbuk gergaji dengan ukuran partikel 300  $\mu\text{m}$  (60,5 *mesh*) memiliki nilai kalor 16,04 MJ/kg dan pada ukuran partikel 2000  $\mu\text{m}$  (10 *mesh*) memiliki nilai kalor 17,82 MJ/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa partikel 300  $\mu\text{m}$  memiliki nilai kalor yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan partikel yang berukuran 2000  $\mu\text{m}$ .

Alat yang dipergunakan untuk pengukuran nilai kalor adalah bom kalorimeter. Bom kalorimeter merupakan suatu alat yang banyak digunakan untuk penentuan nilai kalor bahan bakar padat dan cair. Pengukuran bom kalorimeter dilakukan pada kondisi volume konstan tanpa aliran atau dengan kata lain reaksi pembakaran dilakukan tanpa menggunakan nyala api melainkan menggunakan gas oksigen sebagai pembakaran dengan volume konstan atau tekanan tinggi. Kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu kalorimeter sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  pada air dengan massa 1 gram disebut tetapan kalorimetri. Skema bom kalorimeter dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Bom Kalorimeter  
(Sumber: [www.nurul.kimia.upi.edu](http://www.nurul.kimia.upi.edu))



Prinsip kerja bom kalorimeter adalah bahan bakar yang akan diukur dimasukkan kedalam bejana logam yang kemudian diisi oksigen pada tekanan tinggi. Bom kalorimeter itu ditempatkan di dalam bejana berisi air dan bahan bakar itu dinyalakan dengan sambungan listrik dari luar. Suhu diukur sebagai fungsi waktu setelah penyalaan, pada saat pembakaran pada bom kalorimeter dengan keseragaman suhu air disekeliling. Bom kalorimeter harus dijaga dengan suatu pengaduk. Selain itu dalam beberapa hal tertentu diberikan pemanasan dari luar melalui selubung air untuk menjaga supaya suhu seragam agar kondisi bejana air adiabatik.

### 2.3.2 Kadar air (*Moisture*)

Kandungan air dalam bahan bakar, air yang terkandung dalam kayu atau produk kayu dinyatakan sebagai kadar air (Rexanindita, J. 2013). Besarnya kadar air dapat dirumuskan sebagai berikut sesuai dengan ASTM D-3173:

$$Kadar\ air = \frac{A-D}{A-B} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Kadar\ air = \frac{A-D}{C} \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

A = Berat sampel dengan cawan

B = Berat cawan

C = Berat sampel

D = Berat cawan dengan residu

Kadar air mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Kadar air pada briket diharapkan serendah mungkin agar dapat menghasilkan nilai kalor yang tinggi dan akan menghasilkan briket yang mudah dalam penyalaan atau pembakaran awalnya. Semakin rendah kadar air semakin tinggi nilai kalor dan daya pembakarannya. Sebaliknya, briket dengan kadar air yang tinggi akan menyebabkan nilai kalor yang dihasilkan briket tersebut menurun. Hal ini disebabkan energi yang dihasilkan akan banyak terserap untuk menguapkan air. Briket dengan kadar air yang tinggi,



menyebabkan kualitas briket menurun ketika penyimpanan karena pengaruh mikroba. Kadar air yang tinggi juga dapat menimbulkan asap yang banyak saat pembakaran (Ismayana dan Rizal, 2011).

Kadar air briket sangat mempengaruhi nilai kalor atau nilai panas yang dihasilkan. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan nilai kalor. Hal ini disebabkan karena panas yang tersimpan dalam briket terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang ada sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran. Faktor lain yang dapat menyebabkan rendahnya kadar air suatu briket adalah pada lamanya waktu pengeringan briket itu sendiri. Semakin lama pengeringan yang dilakukan maka semakin banyak air yang terbuang, sehingga kadar air briket arang yang dihasilkan semakin rendah. Selain pengeringan konvensional atau dengan memanfaatkan sinar matahari, pengeringan blotong atau briket juga dapat dilakukan dengan menggunakan pengeringan dalam oven (Ismayana dan Rizal 2011).

Kadar air dalam briket dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel maka kadar air yang terkandung akan semakin sedikit. Hal tersebut dikarenakan ukuran partikel yang kecil lebih membutuhkan sedikit air dalam merekatkan briket yang disertai perekat yang sudah ditentukan. Dan sebaliknya jika ukuran partikel semakin besar maka kadar air yang terkandung akan semakin besar pula. Hal tersebut dikarenakan ukuran partikel yang besar membutuhkan lebih banyak air dalam merekatkan briket yang disertai perekat yang sudah ditentukan (Tokan, A. dkk, 2014).

Pada penelitian Sudiro dan Suroto (2014), setiap komposisi campuran bahan baku, kadar air briket memiliki kecenderungan meningkat pada ukuran partikel yang semakin mengecil. Ditinjau dari ukuran partikelnya maka hal ini dimungkinkan oleh adanya perbedaan besar kecilnya pori-pori antar partikel yang mampu menyimpan air. Pada briket 35 mesh memiliki kerapatan (densitas) yang lebih rendah, pori-pori briket menjadi lebih banyak. Kondisi ini mengakibatkan penguapan air menjadi lebih mudah pada saat dilakukan pengeringan, sehingga pada saat dilakukan pengujian,

kadar air yang tersisa tinggal sedikit dibandingkan dengan briket yang dengan kerapatan lebih tinggi yaitu briket 50 mesh.

### 2.3.3 Kadar abu (*Ash*)

Kadar abu atau disebut dengan bahan mineral yang terkandung dalam bahan bakar padat yang merupakan bahan yang tidak dapat terbakar dalam proses pembakaran. Abu adalah bahan yang tersisa apabila bahan bakar padat (kayu) dipanaskan hingga berat konstan (Tokan, A dkk 2014). Sesuai dengan ASTM D-3174 kadar abu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{E}{C} \times 100\% \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

C = Berat bahan sebelum pengabuan / berat sampel (gram)

E = Berat abu/residu (gram)

Unsur utama abu adalah mineral silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan maka kualitas briket akan semakin rendah. Abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tidak dapat terbakar tertinggal setelah proses pembakaran dan reaksi-reaksi yang menyertainya selesai. Abu akan menurunkan mutu bahan bakar padat karena dapat menurunkan nilai kalor (Ismayana dan Rizal, 2011).

Pada penelitian Ismayana dan Rizal tahun 2011 mengenai pengaruh jenis dan kadar bahan perekat pada pembuatan briket blotong sebagai bahan bakar alternative menunjukkan bahwa tingginya kadar abu dalam penelitian ini disebabkan oleh kandungan kadar abu blotong yang cukup tinggi (36,89%), sehingga semakin banyak komposisi perekatnya maka kandungan abu yang dihasilkan briket pun akan semakin menurun. Banyaknya abu yang dihasilkan dari briket blotong akan berbanding lurus

dengan campuran blotong yang digunakan. Abu dari hasil pembakaran dapat dimanfaatkan sebagai campuran dalam industri semen maupun sebagai tanah urugan.

Pada penelitian Tokan A dkk, tahun 2014 menunjukkan pada serbuk gergaji dengan ukuran partikel 300  $\mu\text{m}$  (60,5 *mesh*) memiliki kadar abu yang lebih kecil dibandingkan dengan briket dengan ukuran partikel 2000  $\mu\text{m}$  (10 *mesh*). Hal tersebut dikarenakan briket dengan ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan briket mudah memadat sehingga menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan abu yang dihasilkan lebih sedikit. Namun sebaliknya dengan briket dengan ukuran partikel yang lebih besar memiliki ruang pori yang banyak sehingga menyebabkan pembakaran sempurna. Dengan pembakaran sempurna tersebut maka briket memiliki kadar abu banyak.

#### 2.3.4 *Volatile matter* (Zat-zat yang mudah menguap)

*Volatile matter* merupakan salah satu karakteristik yang terkandung dari suatu biobriket. Komponen yang pertama adalah uap air muncul sesaat setelah temperatur mencapai 100°C untuk rentang temperatur operasi sampai 900°C dan komponen  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$  dan  $CH_4$ . (Rexanindita, J. 2013).

Menurut Ismayana dan Rizal tahun 2011, *volatiile matter* atau kadar zat terbang (menguap) yang tinggi pada briket akan menimbulkan asap yang relatif lebih banyak pada saat briket dinyalakan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol. kadar zat terbang akan semakin kecil jika dilakukan proses pirolisis atau pengarangan dengan suhu yang tinggi. Kadar zat terbang yang tinggi akan menurunkan kualitas briket karena dengan banyaknya zat terbang, maka kandungan karbon semakin kecil sehingga nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah serta akan menimbulkan banyaknya asap yang dihasilkan dari pembakarannya. Pengamatan terhadap briket arang kayu menunjukkan kadar zat terbang sebesar 14,40% lebih kecil dibandingkan dengan kadar zat terbang briket blotong terendah yaitu sebesar 24,93%.

### 2.3.5 *Fixed Carbon* (FC)

Kandungan fixed carbon yaitu komponen yang bila terbakar tidak membentuk gas yaitu karbon tetap atau disebut FC (*fixed carbon*), atau bisa juga disebut kandungan karbon tetap yang terdapat pada bahan bakar padat yang berupa arang (*char*) (Rexanindita, J. 2013).

## 2.4 Hipotesa

Semakin kecil ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon maka ukuran pori semakin kecil. Akibat ukuran pori yang semakin kecil maka kandungan air pada briket sulit menguap ketika dilakukan pengeringan sehingga kadar air pada briket akan semakin besar dan menyebabkan nilai kalor semakin rendah. Kadar air pada briket yang semakin besar tersebut mengakibatkan pembakaran tidak sempurna sehingga memungkinkan adanya *fixed carbon* (arang) yang tersisa akibat tidak terbakar yang menyebabkan kadar abu semakin sedikit.

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menganalisis karakteristik termal pembakaran briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi ukuran partikel pada briket.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, dan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Waktu penelitian berlangsung selama 2 bulan yaitu dimulai dari bulan Juli 2015 sampai dengan bulan Agustus 2015.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan meliputi:

#### **3.3.1 Alat**

Alat – alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

1. Bom kalorimeter, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk mesin	: PAAR
Model	: PAAR 1241 EF
Tegangan	: 220 V
Frekuensi	: 50 Hertz
Negara Pembuat	: USA
Tahun Perakitan	: 1987



2. Perlengkapan Pendukung :

- a) Alat pencetak briket
- b) Kabel termokopel
- c) *Thermostart*
- d) Panci Air
- e) Timbangan digital
- f) Drum pirolisis dengan tinggi 51 cm, diameter luar 31 cm dan diameter dalam 21 cm
- g) *Stopwatch*
- h) Cetakan briket berbentuk silinder dengan diameter 2 cm dan tinggi 10 cm
- i) Ayakan 30, 40, 50, 60 dan 70 *mesh*

3.3.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan briket adalah:

1. Limbah serbuk gergaji kayu sengon dari CV. Harapan Mulya
2. Tepung tapioka
3. Air

**3.4 Variabel Penelitian**

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah ukuran partikel arang limbah serbuk gergaji kayu sengon yang dapat dilihat pada Tabel 3.2, tekanan pencetakan 150 kg/cm<sup>2</sup> dengan komposisi bahan briket 7 gram arang serbuk gergaji kayu sengon, 2 gram perekat tepung tapioca, dan 1 gram air.

Table 3.1 Keterangan Nama Sampel

No	Nama	Keterangan
1	M 30	Ukuran partikel antara 30 <i>mesh</i> - 40 <i>mesh</i>
2	M 50	Ukuran partikel antara 50 <i>mesh</i> - 60 <i>mesh</i>
3	M 70	Ukuran partikel antara 70 <i>mesh</i> – 80 <i>mesh</i>

#### 3.4.2 Variabel terikat

Variabel terikat dari penelitian ini adalah:

*HHV (Highest Heating Value)* = Nilai Kalor (kal/gr)

*Moisture* = Kadar air (%)

*Ash* = Kadar Abu (%)

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Pembuatan arang limbah serbuk gergaji kayu sengon

- 1) Limbah serbuk gergaji sengon dibersihkan dari kotoran dengan menggunakan air.
- 2) Mengeringkan limbah serbuk gergaji kayu sengon 2 hari (mulai jam 09.00-15.00 WIB) di bawah sinar matahari.
- 3) Menyiapkan drum karbonasi.
- 4) Memasukkan limbah serbuk kayu sengon dan tabung karbonasi pada drum karbonasi.
- 5) Menyalakan limbah serbuk kayu sengon.
- 6) Mengatur *thermostat* dengan suhu 400°C dan menghidupkan blower.
- 7) Proses pembakaran dilakukan hingga temperatur 400°C.

#### 3.5.2 Tahapan Pembuatan Briket

- a. Pembuatan briket dengan ukuran 30 *mesh*, 50 *mesh* dan 70 *mesh*
  1. Arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dihancurkan atau ditumbuk.

2. Setelah ditumbuk arang limbah serbuk gergaji kayu sengon diayak dengan ayakan ukuran 30 *mesh*.
3. Arang limbah serbuk gergaji kayu tersebut ditimbang dengan berat keseluruhan 10 gram dengan komposisi arang limbah serbuk gergaji kayu sengon 7 gram, perekat 2 gram.
4. Arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dicampurkan dengan perekat tepung tapioka hingga tercampur merata.
5. Setelah arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dan tepung tapioka tercampur merata selanjutnya ditambahkan air 1 gram hingga tercampur merata.
6. Setelah adonan campuran arang, tepung tapioka dan air tercampur dengan baik maka selanjutnya dilakukan pencetakan pada mesin press cetak briket dengan tekanan 150 kg/cm<sup>2</sup> dan ditahan selama 1 menit.
7. Kemudian briket dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 1 hari (09.00-15.00 WIB).
8. Percobaan pembuatan briket diulangi dengan perbedaan ukuran *mesh* 50 dan *mesh* 70.

### 3.5.3 Tahapan Penelitian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengujian nilai kalor berdasarkan ASTM D-2015 dilakukan dengan alat bom kalorimeter;

Pada pengujian ini tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan pengambilan data

Setelah proses pembuatan arang briket limbah serbuk kayu sengon dengan bahan perekat tepung tapioka berjalan dengan baik maka sampel briket arang siap untuk diuji dengan *bomb calorimeter*.

- b. Tahapan pengambilan data nilai kalor

Tahapan proses pengujian dapat dilihat sebagai berikut:

1. Menyiapkan 2 liter air/aquades, kemudian masukkan kedalam *oval bucket*.
2. Menimbang bahan bakar yang akan diuji, kemudian masukkan ke dalam *combustion capsule*.
3. Memasang kawat sepanjang 10 cm sehingga mengenai bahan bakar yang diuji tanpa mengenai permukaan besi *combustion capsule* dengan menggunakan bantuan *bomb head support stand*.
4. Memasukkan bahan yang diuji dalam *combustion capsule* tadi bersama dengan kawat, ke dalam tabung *oxygen bomb*.
5. Menghubungkan semua peralatan *bomb calorimeter* dengan listrik.
6. Mengisi tabung *oxygen bomb* dengan oksigen bertekanan 30-35 atm menggunakan bantuan *auto charger*.
7. Tabung *oxygen bomb* dimasukkan ke dalam *oval bucket* yang telah terisi air.
8. Kemudian *oval bucket* dimasukkan ke dalam *adiabatic calorimeter*, lalu tutup.
9. *Switch* dipindahkan keposisi on.
10. *Stirrer* (pengaduk) diaktifkan untuk mengaduk air di *oval bucket* sehingga temperatur air merata.
11. Setelah sama, mencatat suhu yang terjadi.
12. Kemudian bahan bakar yang diuji dibakar.
13. Kemudian briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dibakar.
14. Beberapa saat kemudian, perubahan suhu yang terjadi pada air dicatat kembali.
15. Setelah itu hitung selisih temperatur di air pada kondisi awal dengan kondisi setelah terjadi pembakaran. Selisih tersebut kalikan dengan standard benzoid.

16. Setelah itu hitung sisa kawat yang terbakar.
17. Dari situlah nilai kalor dari briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon yang diuji dapat diketahui..
18. Mengulangi langkah no 1 sampai dengan 16 pada briket dengan ukuran partikel 50 *mesh* dan 70 *mesh*

2. Pengujian nilai kadar air;

Pada pengujian ini tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

a. Tahapan persiapan pengambilan data

Setelah proses pembuatan arang briket limbah serbuk kayu sengon dengan bahan perekat tepung tapioka berjalan dengan baik maka sampel briket arang siap untuk dikeringkan dengan oven.

b. Tahapan pengambilan data kadar air

1. Menyiapkan alat pengukur berat untuk mengukur berat briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon serta menyiapkan cawan
2. Menimbang berat serbuk gergaji kayu sengon dalam cawan sebelum dioven.
3. Mencatat hasil pengukuran serbuk gergaji kayu sengon sebelum dioven.
4. Briket serbuk gergaji kayu sengon dalam cawan alumunium dioven dengan suhu 105°C selama 1 jam.
5. Menimbang berat serbuk gergaji kayu sengon serta cawan alumunium setelah dikeringkan.
6. Mencatat hasil pengukuran serbuk gergaji kayu sengon setelah dikeringkan.
7. Menghitung kadar air pada briket.
8. Melakukan percobaan no 2 sampai dengan no 6 pada briket ukuran partikel 50 *mesh* dan 70 *mesh*.



### 3. Pengujian nilai kadar air;

Pada pengujian ini tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

#### a. Tahapan persiapan pengambilan data

Setelah proses pembuatan arang briket limbah serbuk kayu sengon dengan bahan perekat tepung tapioka berjalan dengan baik maka sampel briket arang siap untuk diuji dengan *bomb calorimeter*.

#### b. Tahapan pengambilan data kadar abu

1. Menyiapkan alat pengukur berat untuk mengukur berat briket serta bom kalorimeter untuk pembakaran briket.
2. Menimbang berat briket dengan ukuran mesh 30 sebelum dibakar.
3. Mencatat hasil pengukuran briket sebelum dibakar.
4. Melakukan pembakaran briket pada bom kalorimeter.
5. Menimbang berat briket setelah dibakar.
6. Mencatat hasil pengukuran berat briket setelah dibakar.
7. Menghitung kadar abu pada briket.
8. Mengulangi percobaan pada no 2 sampai dengan no 6 pada briket ukuran 50 *mesh* dan 70 *mesh*

#### c. Akhir Pengambilan Data

Setelah proses pengujian atau pengambilan data selesai, langkah selanjutnya adalah:

1. Membuka penutup tabung *oxygen bomb* setelah pengujian.
2. Mengangkat *oval bucket* dari tabung bomb.
3. Membersihkan *combustion capsule* dan masukkan bahan bakar yang akan di uji.
4. Setelah dilakukannya pengujian maka data dapat ditampilkan melalui tabel di bawah ini:

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Bom Kalorimeter

No.	Nama Bahan	Berat Bahan (gram)	T0 (°C)	T1 (°C)	Sisa Kawat	Nilai Kalor (kalori/gram)

Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Kadar Air

No.	Nama Bahan	Berat Briket Sebelum Dikeringkan (gram)	Berat Briket Sesudah Dikeringkan (gram)	Kadar Air (%)

Tabel 3.4 Hasil Pengukuran Kadar Abu

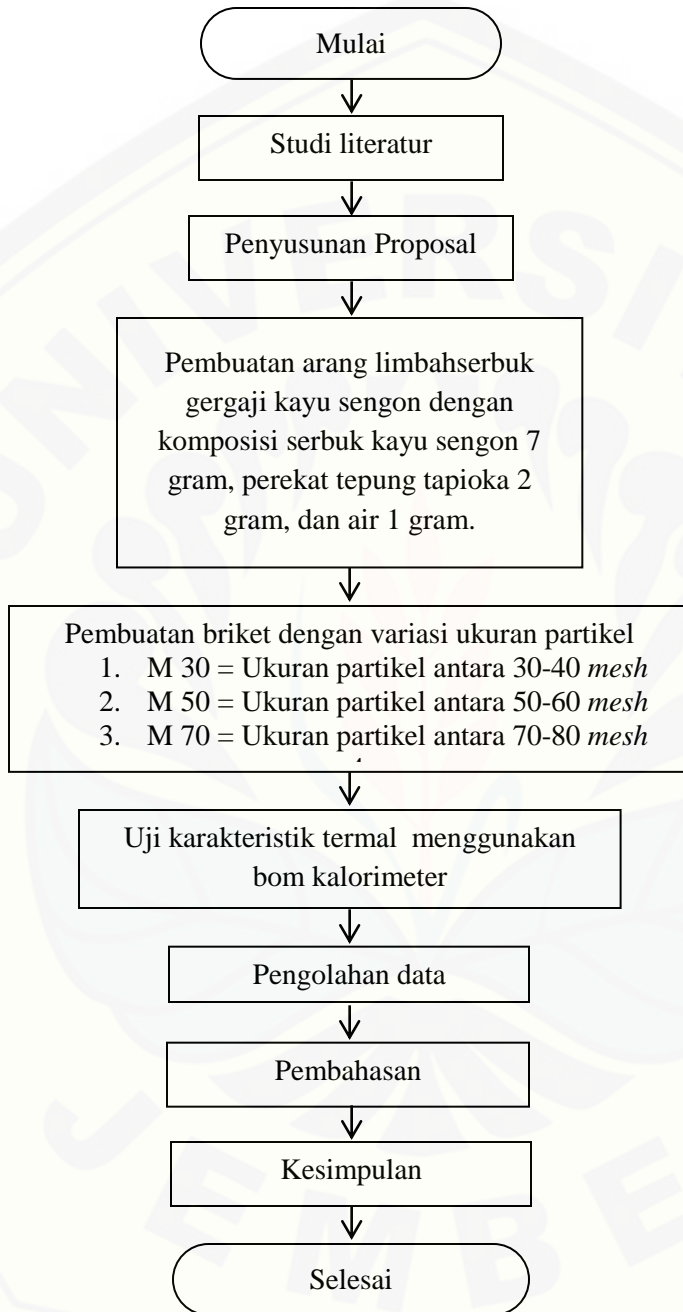
No.	Nama Bahan	Berat Abu Briket (gram)	Berat Sampel Briket (gram)	Kadar Abu (%)

### 3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian karakteristik termal briket arang limbah serbuk gergaji sengon dengan uraian analisa sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar air briket.
2. Analisis pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon terhadap nilai kalor briket.
3. Analisis pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar abu briket.

### 3.7 Skema Penelitian



Gambar 3.1 Skema Penelitian





## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Percobaan

Setelah dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi ukuran partikel pada briket serbuk gergaji kayu sengon dilakukan pengujian kadar air, nilai kalor dan kadar abu pada briket. Untuk mencari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat digunakan analisis varian (ANOVA) untuk eksperimen faktorial. Sedangkan untuk mempermudah dan memperoleh keakuratan analisis serta pengolahan data dibantu dengan *software* SPSS 16.

#### 4.1.1 Hasil Pengujian Kadar Air

Setelah dilakukan pengujian maka diperoleh data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel lampiran A1.1. Nilai kadar air dihitung dari kekurangan berat dari berat awal briket (berat yang hilang) dibagi berat awal briket dikalikan 100 %. Sebagai contoh pengujian kadar air briket M30 maka diketahui:

$$A = 9,52 \text{ gram}$$

$$B = 8,64 \text{ gram}$$

$$Kadar \text{ Air} = \frac{9,52 - 8,64}{9,52} \times 100\%$$

$$= (0,88 / 9,52) \times 100\%$$

$$= 0,09243697 \times 100\%$$

$$= 9,243697 \%$$

Data hasil perhitungan kadar air total dan rata-rata disajikan dalam Tabel lampiran A1.2.

## 4.1.2 Hasil Pengujian Nilai Kalor

Setelah dilakukan pengujian maka diperoleh data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel lampiran A1.3. Sesuai dengan ASTM D-2015 nilai kalor dapat diukur dengan bom kalorimeter dengan perolehan nilai kalor menggunakan rumus sebagai berikut :

$$HHV = \frac{(EE \times \Delta T) - (Acid) - (Fulse)}{Massa\ Bahan}$$

Sebagai contoh perhitungan nilai kalor yaitu pada briket M30 dengan data yang diketahui sebagai berikut :

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$T_2 = 30^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$EE = 2408,267$$

$$\text{Acid} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Panjang Kawat} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Massa Bahan} = 1,5 \text{ gram}$$

$$HHV = \frac{(2408,267 \times 3) - 10 - 1}{1,5}$$

$$HHV = \frac{7213,801}{1,5}$$

$$HHV = 4809,201 \text{ kalori/gram}$$

Data hasil perhitungan nilai kalor total dan rata-rata disajikan dalam Tabel lampiran A1.4.

## 4.1.3 Hasil Pengujian Kadar Abu

Setelah dilakukan pengujian maka diperoleh data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel lampiran A1.5. Sesuai dengan ASTM D-3174 kadar abu dapat diperoleh dari berat abu sisa pengujian dibagi dengan berat briket sebelum dilakukan pengujian

dikalikan 100%. Sebagai contoh perhitungan kadar abu pada briket M30 diperoleh data sebagai berikut:

$$A = 0,1 \text{ gram}$$

$$E = 1,5 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = (A/E) \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = (0,1/1,5) \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = 0,0667 \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = 6,67 \%$$

Data hasil perhitungan kadar abu total dan rata-rata disajikan dalam Tabel lampiran A1.6.

## 4.2 Analisis Statistik

Data kadar air yang diperoleh sebagaimana yang tercantum pada Tabel lampiran A1.2., data nilai kalor yang tercantum pada Tabel lampiran A1.4 serta data kadar abu yang tercantum pada Tabel lampiran A1.6 kemudian dianalisis dengan ANOVA untuk eksperimen factorial. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software SPSS 16.

### 4.2.1 Pengujian Hipotesis pada Kadar Air Briket

Pengujian pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar air briket dengan menggunakan *One-Way ANOVA*. Dengan  $\alpha = 0,05$  (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat pengaruh ukuran partikel terhadap kadar air briket

$H_1$  : Terdapat pengaruh ukuran partikel terhadap kadar air briket.

Jika taraf signifikan  $> \alpha$ , maka  $H_0$  diterima,  $H_1$  ditolak

Jika taraf signifikan  $< \alpha$ , maka  $H_0$  ditolak,  $H_1$  diterima

Setelah memasukkan data nilai kadar air briket pada *software* SPSS 16.0 diperoleh Tabel 4.1 *Test of Homogeneity of Variances* sebagai berikut:

Tabel 4.1 Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Fhitung
2.213	2	12	.152

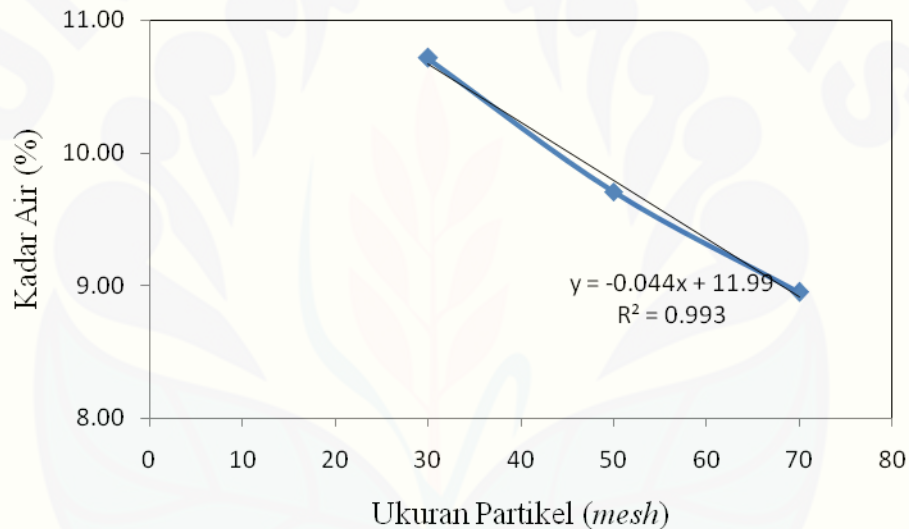
Homogenitas diperoleh jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$ . Berdasarkan *Test of Homogeneity of Variances* diketahui nilai F hitung sebesar 0,152 sementara dari tabel distribusi F dengan df  $n_1 = 2$  dan  $n_2 = 12$  didapatkan  $F_{tabel}$  sebesar 3,89. Sehingga dari tabel diketahui bahwa  $0,152 < 3,89$ , maka data percobaan yang dilakukan adalah *homogeny*. Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap kadar air briket dapat dilihat dalam Tabel 4.2 pengaruh ukuran partikel terhadap kadar air briket di bawah ini:

Tabel 4.2 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Kadar Air Briket

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.831	2	3.916	2.609	.115
Within Groups	18.009	12	1.501		
Total	25.840	14			

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai  $\alpha$  yang sebesar 0,115 sementara yang dipakai adalah 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai signifikan percobaan  $> \alpha$ , yaitu  $0,115 > 0,05$ . Dari pengujian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, artinya tidak terdapat pengaruh variasi ukuran partikel arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar air briket.

H1 ditolak menunjukkan tidak adanya pengaruh dari variasi ukuran partikel arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar air briket. Namun jika nilai taraf signifikan dinaikkan menjadi 15% maka ada kemungkinan ada pengaruh ukuran partikel terhadap kadar air, karena semakin kecil nilai signifikan diharapkan tingkat kesalahan akan kesimpulan pada data percobaan semakin kecil pula. Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar air rata-rata pada briket dengan ukuran partikel 30 *mesh* 10,714%, briket dengan ukuran partikel 50 *mesh* sebesar 9,707% dan briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* sebesar 8,949%.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Air Briket

#### 4.2.2 Pengujian Hipotesis pada Nilai Kalor Briket

Pengujian pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon terhadap nilai kalor briket dengan menggunakan *One-Way ANOVA*. Dengan  $\alpha = 0,05$  (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat pengaruh ukuran partikel terhadap nilai kalor briket

$H_1$  : Terdapat pengaruh ukuran partikel terhadap nilai kalor briket.



Jika taraf signifikan  $> \alpha$ , maka  $H_0$  diterima,  $H_1$  ditolak

Jika taraf signifikan  $< \alpha$ , maka  $H_0$  ditolak,  $H_1$  diterima

Setelah memasukkan data nilai kalor briket pada *software* SPSS 16.0 diperoleh Tabel 4.3 *Test of Homogeneity of Variances* sebagai berikut:

Tabel 4.3 *Test of Homogeneity of Variances*

Levene Statistic	df1	df2	Fhitung
1.192	2	12	.337

Homogenitas diperoleh jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$ . Berdasarkan *Test of Homogeneity of Variances* diketahui nilai F hitung sebesar 0,337 sementara dari tabel distribusi F dengan  $df_{n1} = 2$  dan  $df_{n2} = 12$  didapatkan  $F_{tabel}$  sebesar 3,89. Sehingga dari tabel diketahui bahwa  $0,337 < 3,89$ , maka data percobaan yang dilakukan adalah *homogeny*. Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap nilai kalor dapat dilihat dalam Tabel 4.4 pengaruh ukuran partikel terhadap nilai kalor briket di bawah ini:

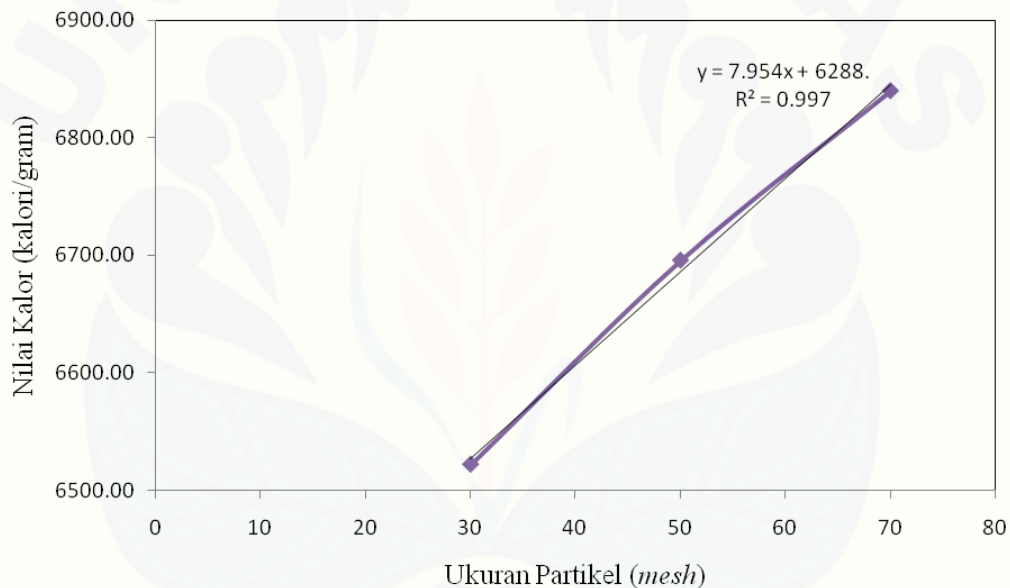
Tabel 4.4 Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Nilai Kalor briket

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	253836.013	2	126918.007	70.527	.000
Within Groups	21594.743	12	1799.562		
Total	275430.756	14			

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh nilai  $\alpha$  yang sebesar 0,000 sementara yang dipakai adalah 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai signifikan percobaan  $< \alpha$ , yaitu  $0,000 < 0,05$ . Dari pengujian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima, artinya terdapat pengaruh variasi ukuran partikel arang limbah serbuk kayu sengon terhadap nilai kalor briket.

H<sub>1</sub> diterima menunjukkan adanya pengaruh dari variasi ukuran partikel arang limbah serbuk kayu sengon terhadap nilai kalor briket. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai kalor rata-rata pada briket dengan ukuran partikel 30 *mesh* sebesar 6521,873 kalori/gram, briket dengan ukuran partikel 50 *mesh* sebesar 6695,688 kalori/gram dan briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* sebesar 6840,064 kalori/gram.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Nilai Kalor Briket

#### 4.2.3 Pengujian Hipotesis pada Kadar Abu Briket

Pengujian pengaruh variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar abu briket dengan menggunakan *One-Way ANOVA*. Dengan  $\alpha = 0,05$  (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut:

H<sub>0</sub> : Tidak terdapat pengaruh ukuran partikel terhadap kadar abu briket

H<sub>1</sub> : Terdapat pengaruh ukuran partikel terhadap kadar abu briket.

Jika taraf signifikan  $> \alpha$ , maka  $H_0$  diterima,  $H_1$  ditolak

Jika taraf signifikan  $< \alpha$ , maka  $H_0$  ditolak,  $H_1$  diterima

Setelah memasukkan data nilai kadar abu briket pada *software* SPSS 16.0 diperoleh Tabel 4.5 *Test of Homogeneity of Variances* sebagai berikut:

Tabel 4.5 Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Fhitung.
.725	2	12	.504

Homogenitas diperoleh jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$ . Berdasarkan *Test of Homogeneity of Variances* diketahui nilai F hitung sebesar 0,504 sementara dari tabel distribusi F dengan  $df\ n_1 = 2$  dan  $n_2 = 12$  didapatkan  $F_{tabel}$  sebesar 3,89. Sehingga dari tabel diketahui bahwa  $0,504 < 3,89$ , maka data percobaan yang dilakukan adalah *homogeny*. Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap nilai kalor dapat dilihat dalam Tabel 4.6 pengaruh ukuran partikel terhadap kadar abu briket di bawah ini:

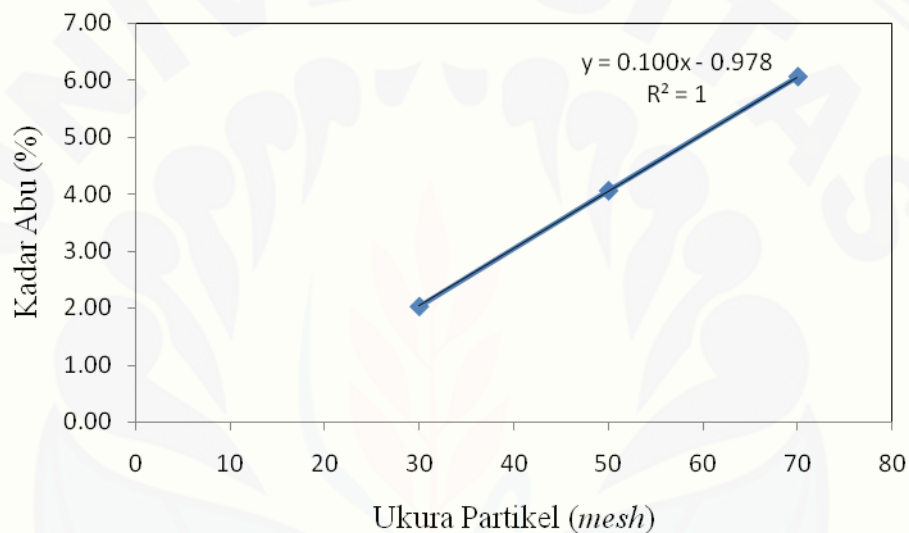
Tabel 4.6 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Kadar Abu Briket

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40.402	2	20.201	2.188E4	.000
Within Groups	.011	12	.001		
Total	40.413	14			

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh nilai  $\alpha$  yang sebesar 0,000 sementara yang dipakai adalah 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai signifikan percobaan  $< \alpha$ , yaitu  $0,000 < 0,05$ . Dari pengujian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

H0 ditolak dan H1 diterima, artinya terdapat pengaruh variasi ukuran partikel arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar abu briket.

H1 diterima menunjukkan adanya pengaruh dari variasi ukuran partikel arang limbah serbuk kayu sengon terhadap kadar abu briket. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kadar abu rata-rata pada briket dengan ukuran partikel 30 *mesh* sebesar 2,032%, briket dengan ukuran partikel 50 *mesh* sebesar 4,056% dan briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* sebesar 6,052%.

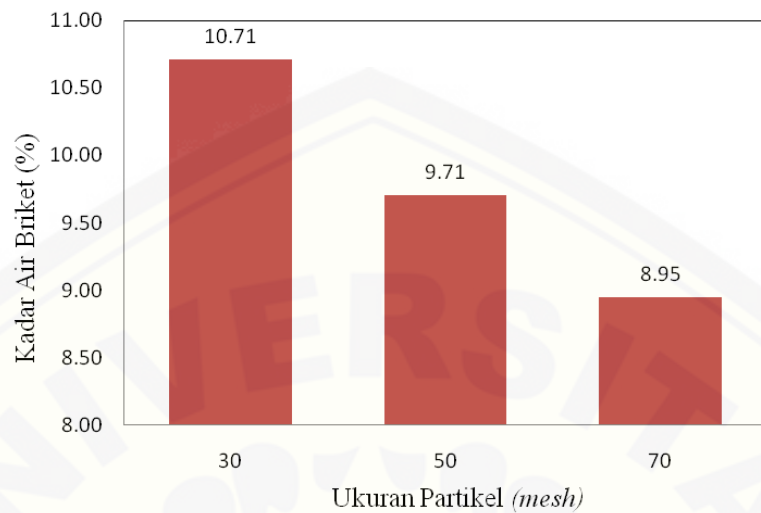


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Abu

## 4.3 Pembahasan

### 4.3.1 Kadar Air Briket

Berdasarkan hasil pengujian mengenai kadar air briket didapatkan bahwa nilai terendah kadar air pada ukuran partikel 70 *mesh* sebesar 8,949 % dan yang tertinggi pada briket dengan ukuran partikel 30 *mesh* sebesar 10,714 % yang terlihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Air

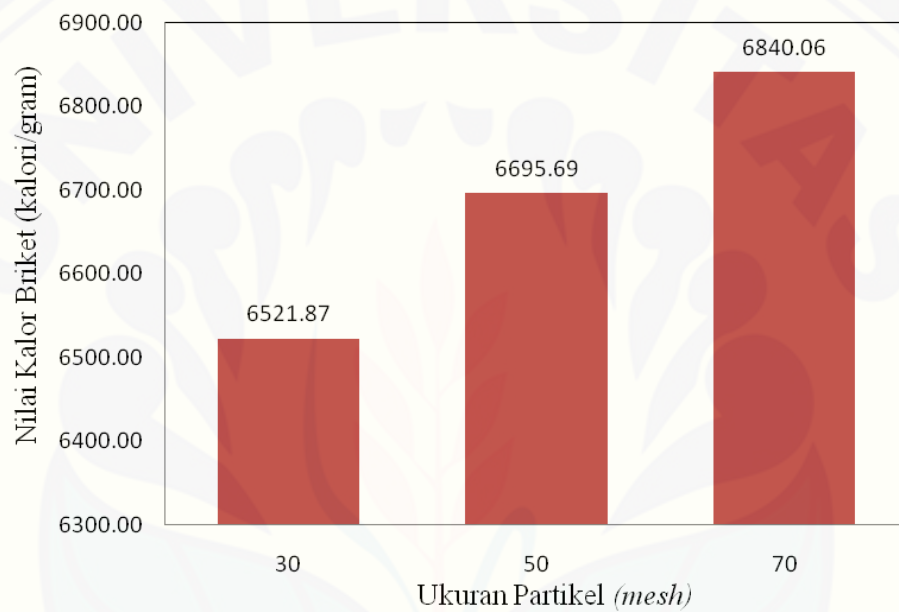
Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kadar air menurun seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa hipotesa awal mengenai briket dengan ukuran partikel yang lebih kecil memiliki kadar air yang lebih banyak tidak sesuai dengan penelitian, hal tersebut dikarenakan pada penambahan jumlah air yang sama dengan ukuran partikel yang berbeda akan mengalami perbedaan penyerapan air pada briket. Pada ukuran partikel kecil briket akan menyerap air lebih sedikit dibandingkan briket dengan ukuran partikel yang besar karena briket dengan ukuran partikel kecil memiliki ukuran pori lebih kecil. Pengurangan air pada saat proses pengepresan juga mempengaruhi kadar air briket, karena pada saat proses pengepresan briket dengan ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan ukuran pori yang kecil, sehingga hanya mampu menyimpan sedikit air dibandingkan dengan ukuran partikel briket yang lebih besar. Selain itu pada arang serbuk gergaji kayu sengon sendiri juga terkandung kadar air di dalamnya. Pada briket dengan ukuran partikel arang yang lebih besar akan memiliki kandungan air lebih banyak dibandingkan dengan ukuran partikel arang yang lebih kecil sehingga



briket dengan ukuran partikel kecil memiliki kadar air lebih kecil dibandingkan dengan briket dengan ukuran partikel yang lebih besar.

#### 4.3.2 Nilai Kalor Briket

Setelah melakukan penelitian nilai kalor briket pada alat *bomb calorimeter* didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Nilai Kalor Briket

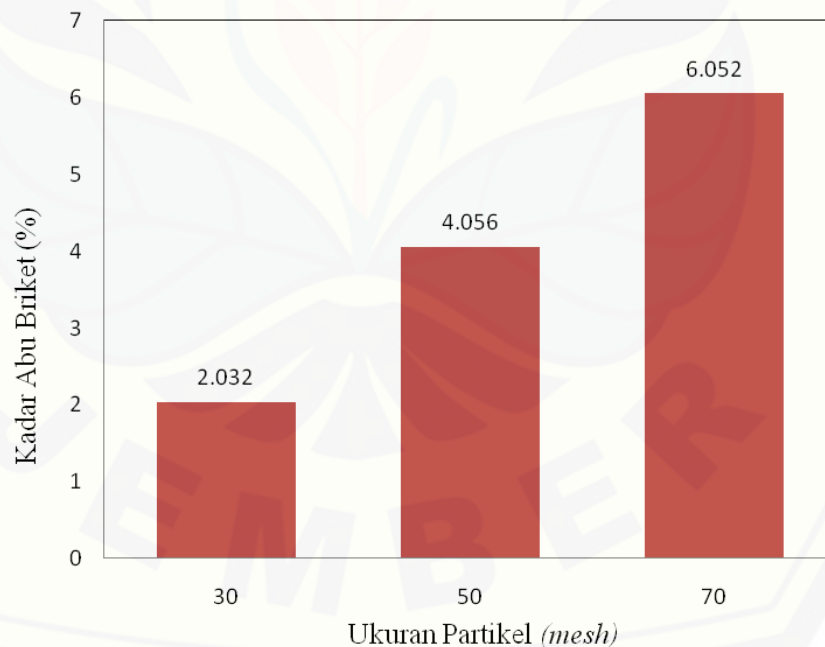
Pada Gambar 4.5 dapat terlihat bahwa nilai kalor briket juga dipengaruhi ukuran partikel briket. Hal tersebut dikarenakan ukuran partikel briket yang semakin kecil memiliki kadar air yang semakin kecil pula. Kadar air akan berbanding terbalik dengan nilai kalor sehingga dengan kadar air yang rendah briket memiliki nilai kalor yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan adanya perbedaan antara hipotesa awal bahwa semakin kecil ukuran briket memiliki nilai kalor yang rendah. Namun sesuai data pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin rendah kadar air maka nilai kalor briket akan semakin tinggi. Pada Gambar 4.5 menunjukkan briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* memiliki nilai kalor lebih tinggi yaitu sebesar

6840,064 kalori/gram dibandingkan briket dengan ukuran partikel 30 *mesh* dan 50 *mesh*.

Peningkatan nilai kalor tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air saja, namun masih ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi nilai kalor tersebut. Menurut Sudiro dan Suroto (2014) menyatakan bahwa nilai kalor juga dipengaruhi oleh berat jenis. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar maka semakin tinggi nilai kalornya. Selain itu juga terdapat faktor lain dalam penelitian Jamilatun (2008) yang menyatakan bahwa semakin besar kerapatan briket maka semakin lambat laju pembakaran yang terjadi, namun kerapatan yang semakin besar tersebut menyebabkan nilai kalor briket semakin tinggi pula.

### 4.3.3 Kadar Abu Briket

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan data kadar abu yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Ukuran Partikel dengan Kadar Abu Briket

Pada gambar 4.6 menunjukkan adanya peningkatan kadar abu seiring dengan ukuran partikel semakin kecil. Hal tersebut sesuai dengan hipotesa awal bahwa pada briket dengan kadar air tinggi maka akan memiliki kadar abu yang lebih sedikit, karena pada briket dengan kadar air yang tinggi terdapat sisa pembakaran berupa arang yang tidak dapat terbakar sempurna. Disisi lain kadar abu banyak menunjukkan briket arang terbakar sempurna dan tidak menyisakan arang. Pada Gambar 4.4 menunjukkan briket dengan ukuran partikel kecil briket akan terbakar sempurna karena memiliki kadar air yang rendah dan menyisakan hasil pembakaran berupa abu yang lebih banyak dibandingkan dengan ukuran partikel briket yang besar, karena pada briket dengan ukuran yang lebih besar masih terdapat sisa arang yang tidak dapat terbakar sempurna. Pada briket dengan ukuran partikel yang lebih kecil memiliki kadar abu yang lebih banyak dibandingkan briket dengan ukuran partikel yang lebih kecil.

Peningkatan kadar abu juga dipengaruhi oleh faktor kepadatan. Menurut Tokan, dkk. (2014) kadar abu dapat meningkat dengan semakin besar kepadatan suatu bahan bakar. Semakin kecil ukuran partikel maka akan lebih mudah memadat sehingga menimbulkan kadar abu yang lebih banyak. Selain itu, pada ukuran partikel yang besar memungkinkan adanya aliran oksigen yang lebih cukup dan paling sulit untuk memadat sehingga kadar abu berkurang.

#### 4.3.4 Efisiensi Listrik pada Proses Pengarangan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan konsumsi listrik selama proses pengarangan serbuk gergaji kayu sengon sebesar Rp 4.300,56,- dengan perhitungan sebagai berikut:

$$I = 12 \text{ Ampere}$$

$$V = 220 \text{ Volt}$$

$$t = 1,5 \text{ jam}$$

$$1 \text{ kwh} = \text{Rp}1.086 \text{ (} \underline{\text{www.pln.co.id}} \text{ agustus 2015)}$$

Maka  $P = I \times V$

$$P = 12 \times 220$$

$$P = 2640 \text{ watt}$$

$$P = 2,64 \text{ kw}$$

Maka total daya yang diperlukan selama proses pengarangan 1,5 jam sebesar 3,96 kwh. Dengan total daya 3,96 kwh dan harga listrik per kwh sebesar Rp 1.086,- maka total konsumsi listrik selama 1,5 jam sebesar Rp 4.300,56,-. Untuk efisiensi listrik tersebut digunakan untuk memproduksi 0,3 kg briket dengan harga pasaran briket sebesar Rp 6.000/kg sehingga dalam satu kali pengarangan mendapatkan harga briket Rp 1.800,-. Meskipun dalam pembuatannya membutuhkan biaya yang lebih besar dibandingkan hasil yang didapatkan, namun diharapkan dengan adanya briket ini dapat membantu dalam krisis energy di masa yang akan datang.

Pada proses pembuatan arang ini dapat meminimalisir biaya dengan cara memperbesar ukuran drum pirolisis agar dalam satu kali proses pengarangan dapat menghasilkan lebih banyak arang untuk bahan pembuatan briket. Selain itu dapat dilakukan pengeringan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pengarangan.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon memiliki nilai kadar air rendah seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil dengan diperoleh kadar air sebesar 8,95% yaitu pada ukuran partikel 70 *mesh*.
2. Pada ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon memiliki nilai kalor tinggi seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil dengan diperoleh sebesar 6840,064 kalori/gram yaitu pada ukuran partikel 70 *mesh*. Hal tersebut dikarenakan briket dengan ukuran partikel 70 *mesh* mengandung kadar air sedikit sehingga nilai kalornya tinggi.
3. Variasi ukuran partikel briket arang limbah serbuk kayu sengon memiliki kadar abu tinggi seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil dengan diperoleh nilai kadar abu sebesar 6,052% pada ukuran partikel 70 *mesh*. Hal tersebut dikarenakan pada briket ukuran 70 *mesh* memiliki kadar air yang sedikit sehingga briket mengalami pembakaran sempurna dan menghasilkan lebih banyak abu dibandingkan dengan briket dengan ukuran partikel yang lebih besar.

### 5.2 Saran

1. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan briket harus dipastikan bersih dan kering sebelum dilakukan proses pengarangan.
2. Melakukan penelitian lanjutan dengan mengukur kadar *Volatile Matter*.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Dwi, D. 2012. *Karakteristik Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Cetak Panas. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*. Hal : A-394 - A-400. Yogyakarta.
- Hanandito dan Willy. 2011. *Pembuatan Briket Arang Tempurung Kelapa dari Sisa Bahan Bakar Pengasapan Ikan Keluarahan Bandarharjo Semarang*. Hal:1-10. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Ismayana, A dan Rizal, M. 2011. *Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif. Jurnal Teknologi Indonesia Pertanian*. Vol.21, No. 3 Hal: 1akultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Jamilatun, S. 2008. *Sifat-sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomasa, Briket Batubara dan Arang Kayu. Jurnal Rekayasa Proses*. Vol.2, No.2. Hal:37-40. Yogyakarta: Teknik Kimia Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Landau dan Everit. 2004. *A Handbook of Statistical Analyses using SPSS*. London. Chapman & Hall/CRC Press LLC.
- Natsir, M. 2007. *Mutu Briket Arang Kulit Buah Kakao dengan Menggunakan Kanji sebagai Perekat. Jurnal Perennial*. 3(2) Hal : 23-31. Palu : Fakultas Teknik Universitas Tadulaka.
- Patabang, D. 2012. *Karakteristik Termal Briket Arang Sekam Padi dengan Variasi Bahan Perekat. Jurnal Mekanikal*. Vol. 3, No.2. Hal: 286-292. Palu: Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- Patabang, D. 2013. *Karakteristik Termal Briket Arang Serbuk Gergaji Kayu Meranti. Jurnal Mekanikal*. Vol. 4, No.2. Hal: 410-415. Palu: Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- Rexanindita, J. 2013 *Karakteristik Termal Briket Arang Ampas Tebu dengan Variasi Bahan Perekat Lumpur Lapindo. Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Santosa, dkk. 2010. *Studi Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket dari Kotoran Sapi dan Limbah Pertanian*. Padang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas Kampus Limau Manis.
- Sanusi, D. dkk. 2010. *Karakteristik Pellet Kayu Sengon*. Hal: 1-10. Makasar: Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Satrosupadi, 2000. *Pengujian Statistik*.

Setiawan, A. dkk. 2012. *Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kacang dan Serbuk Gergaji terhadap Nilai Pembakaran. Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 18, No. 2 Hal : 9-16. Sumatra: Universitas Sriwijaya.

Sudiro dan Suroto. 2014. *Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Briket yang Terbuat dari Batubara dan Jerami Padi terhadap Karakteristik Pembakaran*.

Sunaryo dan Widiatmo, W. 2014. *Penelitian Nilai Kalor Bahan Bakar Biomassa pada Limbah Kotoran Hewan. Jurnal Aptek*. Vol.6, No.1 Hal: 87-96. Riau: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Riau.

Surya, U. 2012. *Pemanfaatan Biomassa Limbah Jamur Tiram sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Proses Sterilisasi Jamur Tiram. Turbo ISSN 2301-6663*. Vol. 2, No.2. Hal : 17-22. Metro: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.

Tokan, A. dkk. 2014. *Effects of Particle Size on the Thermal Properties of Sawdust, Corncores and Prosopis Africana Charcoal Briquettes*. Nigeria : *Department of Mechanical Engineering Abubakar Tafawa Balewa University*.

Virgiawan, S. 2014. *Karakteristik Pembakaran Arang Ampas Tebu Akibat Ukuran Partikel Briket. Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.