



**PENGARUH TEMPERATUR PIROLISIS TERHADAP
KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON**

SKRIPSI

Oleh

**Hanif Rahmat H
NIM 111910101035**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH TEMPERATUR PIROLISIS TERHADAP
KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG
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

Hanif Rahmat H
NIM 111910101035

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT.
2. Nabi Muhammad SAW.
3. Ayahanda Alm. Hermanto dan Ibunda Sri Suwanti.
4. Adikku Delfi Dwi Hermawati.
5. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
6. Almamater Universitas Jember;

MOTO

Barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya
(QS. At Thalaq: 4)

Bekerjalah untuk duniamu seolah-olah kamu akan hidup selama-lamanya dan berkerjalah untuk akhiratmu (ibadah) seolah-olah kamu akan mati besok pagi.
(HR. Imam Al Baihaqi)

Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.
(Thomas Alfa Edison)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanif Rahmat H.

NIM : 111910101035

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Karakteristik Termal Briket Arang 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 manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Oktober 2015

Yang menyatakan,

Hanif Rahmat H.

NIM 111910101035

SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR PIROLISIS TERHADAP
KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON**

Oleh

Hanif Rahmat H.

NIM 111910101035

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik ST.,MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Adib Rosyadi ST.,MT.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "**Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Karakteristik Termal Briket Arang Serbuk Gergaji Kayu Sengon**" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada,
hari, tanggal : Kamis, 1 Oktober 2015
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Pembimbing

Ketua,

Sekretaris,

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

Ahmad Adib Rosyadi, ST., MT.
NIP 198501172012121001

Tim Penguji

Anggota I,

Anggota II,

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

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

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi., M.T
NIP 196806171995011001

RINGKASAN

Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Karakteristik Termal Briket Arang Serbuk Gergaji Kayu Sengon; Hanif Rahmat H., 111910101035; 2015; 62 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Energi merupakan kebutuhan utama makhluk hidup di bumi untuk melakukan setiap aktifitas. Dengan adanya masalah keterbatasan sumber energi, manusia dituntut untuk melakukan upaya penghematan dan mencari sumber-sumber energi alternatif. Biomassa dapat diolah menjadi sumber energi alternatif seperti briket arang. Briket arang merupakan bahan bakar dengan nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental untuk mengetahui karakteristik termal briket arang. Pengujian karakteristik termal dilakukan dengan menggunakan alat bom kalorimeter untuk mengetahui nilai kalor, menggunakan oven untuk mengetahui kadar air, dan menggunakan prototipe alat uji pembakaran untuk mengetahui waktu penyalaan dan waktu pembakaran. Pengujian menggunakan spesimen dengan variasi temperatur pirolisis 200°C, 300°C, 400°C. Data diperoleh dan dianalisis dengan persamaan nilai kalor, kadar air, waktu penyalaan, dan waktu pembakaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis 200°C, 300°C, 400°C memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik termal. Hasil dari rata-rata pengujian karakteristik termal briket arang serbuk gergaji kayu sengon diperoleh hasil yang paling baik yaitu pada variasi temperatur pirolisis 400°C dengan rata-rata nilai kalor sebesar 6820.945 kal/gr, rata-rata kadar air 3.209%, rata-rata waktu penyalaan 23.11 detik, rata-rata waktu pembakaran 4127.67 detik.

SUMMARY

The Influence of Pyrolysis Temperature on the Thermal Characteristic of Briquettes Charcoal Sengon Sawdust; Hanif Rahmat H., 111910101035; 2015; 62 pages; Department Mechanical Engineering of Engineering Faculty of Jember University.

Energy is a major need for life on earth to do every activity. With the problem of limited energy resources, people are required to make efforts to save and search for alternative energy sources. Biomass can be processed into alternative energy sources such as briquettes charcoal. Briquette charcoal is a fuel with a high enough calorific value and can be used in everyday life.

This research was conducted with the experimental method to determine the thermal characteristics of briquettes charcoal. Thermal characteristics testing is done by using a bomb calorimeter to determine calorific value, use the oven to determine the moisture content and combustion using a prototype test equipment to find out ignition time and combustion time. Tests using specimens with pyrolysis temperature variations 200°C, 300°C, 400°C. Data were obtained and analyzed by the equation calorific value, moisture content, ignition time and combustion time.

The results showed that briquette charcoal sawdust sengon wood with pyrolysis temperature variation 200°C, 300°C, 400°C a significant influence on thermal characteristics. Results from the average testing thermal characteristics of charcoal briquettes sawdust sengon wood obtained the best result that the temperature variation of pyrolysis 400°C with an average calorific value of 6820,945 cal/g, the average of moisture content of 3,209%, the average of ignition time 23.11 seconds, an average of burning time 4127.67 seconds.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Karakteristik Termal Briket Arang Serbuk Gergaji Kayu Sengon”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan stata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Almarhumah Ayah saya Hermanto semoga amal ibadah beliau diterima disisi Allah SWT.
2. Ibu saya Sri Suwanti yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi, dan pengorbanan yang tiada tara, mendidik dan menasehati saya tanpa lelah, serta doa yang selalu tercurahkan dengan penuh keikhlasan.
3. Adik saya Delfi Dwi Hermawati yang telah mendukung, memberikan motivasi dan hiburan kepada saya.
4. Semua guru mulai dari guru TK, SD, SMP, maupun SMK yang tidak kenal lelah menularkan ilmunya, membimbing serta memberikan arahan yang terbaik hingga saya ke jenjang perguruan tinggi.
5. Semua staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama, Bapak Ahmad Adib Rosyadi, ST., MT. selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku dosen penguji utama dan Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku dosen penguji anggota yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.

6. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2011 Haqqi, Fiyan, Malik, Adi Febrianto, Agung Widodo, Agus, Amril, Ahmad Shofiyanto, Ahmad Sofyan Hadi, Wildan Khadziq, A'isyah, Mahfud, Aman, Tito, Annas, Anton, Anugrah, Arief War, Rahmat, Ario, Rofik, Bangkit, Dani, Dhimas, Sujat, Erdha, Romy, Farihen, Febri, Rian, Dayu, Upit, Harsono, Hegar, Hendry, Ikawati, Imron, Jufri, Irsyad, Itok, Kiki, Luki, Luthfi, Mirza, Ihsan, Mar'iy, Novan, Wildan T, Yunus, Asrofi, Aris, Doni, Abid, Resa, Abduh, Agung Fauzi, Kahlil, Mukri, Zaenal Arifin, Muslih, Firas, Niko, Novia, Rudin, Pemi, Riza, Rizki Erizal, Rizky Bagus, Saddam, Rizal, Setyo, Sigit, Aang, Wildan Mukholladun, Yohanes, Angga, Yulius, dan Yurike saya ucapkan terima kasih atas dukungan, kekompakan dan bantuannya selama ini salam Solidarity Forever.
7. Sahabat terbaikku Novia Nurul Windari.
8. Teman-teman KKN 27 Aditya Putra Widiagma, Ashari Andani, Kukuh Aria Wijaya, Redy Agus Prayitno, Abdul Latif Hamzah, Emi Nahdiyah, Aris Dwi Nurul Kumala, Nia Ariani Putri, Maria Ulfa.

Penulis merasa penyusunan skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu semua kritik, saran dan masukan yang membangun dari semua pihak sangat penulis butuhkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih yang berharga bagi khasanah keilmuaan di bidang teknik mesin khususnya.

Jember, 1 Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 LatarBelakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biomassa dan Potensinya	5
2.1.1 Potensi Biomassa	5
2.1.2 Serbuk Gergaji Kayu Sengon	7
2.2 Briket Bioarang	8

2.3 Bahan Perekat	11
2.4 Pirolisis	13
2.5 Karakteristik Termal Briket	15
2.5.1 Nilai Kalor (<i>Heating Value</i>)	15
2.5.2 Kadar Air (<i>Moisture</i>)	18
2.5.3 Waktu Penyalaan (<i>Ignition Time</i>)	18
2.5.4 Waktu Pembakaran (<i>Burning Time</i>)	19
2.6 Hipotesa	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2.1 Waktu Penelitian	22
3.2.2 Tempat Penelitian	22
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.3.1 Alat	22
3.3.2 Bahan	25
3.4 Variabel Penelitian	25
3.3.1 Variabel Bebas	25
3.3.2 Variabel Terikat	25
3.5 Proses Pembuatan Briket	26
3.6 Pengujian Nilai Kalor	26
3.7 Pengujian Waktu Pembakaran dan Penyalaan	27
3.7.1 Skema alat uji pembakaran	28
3.8 Metode Pengambilan Data Pengujian	28
3.8.1 Penyajian Data Rancangan Acak Lengkap	29
3.8.2 Metode Sidik Ragam	30
3.9 Pengambilan Data Pengujian	32
3.10 Analisis Data	33
3.11 Diagram Alir Penelitian	34

3.12 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Briket	36
4.2 Nilai Kalor (<i>Heating Value</i>)	37
4.3 Kadar Air (<i>Moisture</i>)	39
4.4 Waktu Penyalaan (<i>Ignition Time</i>)	41
4.5 Waktu Pembakaran (<i>Burning Time</i>)	43
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

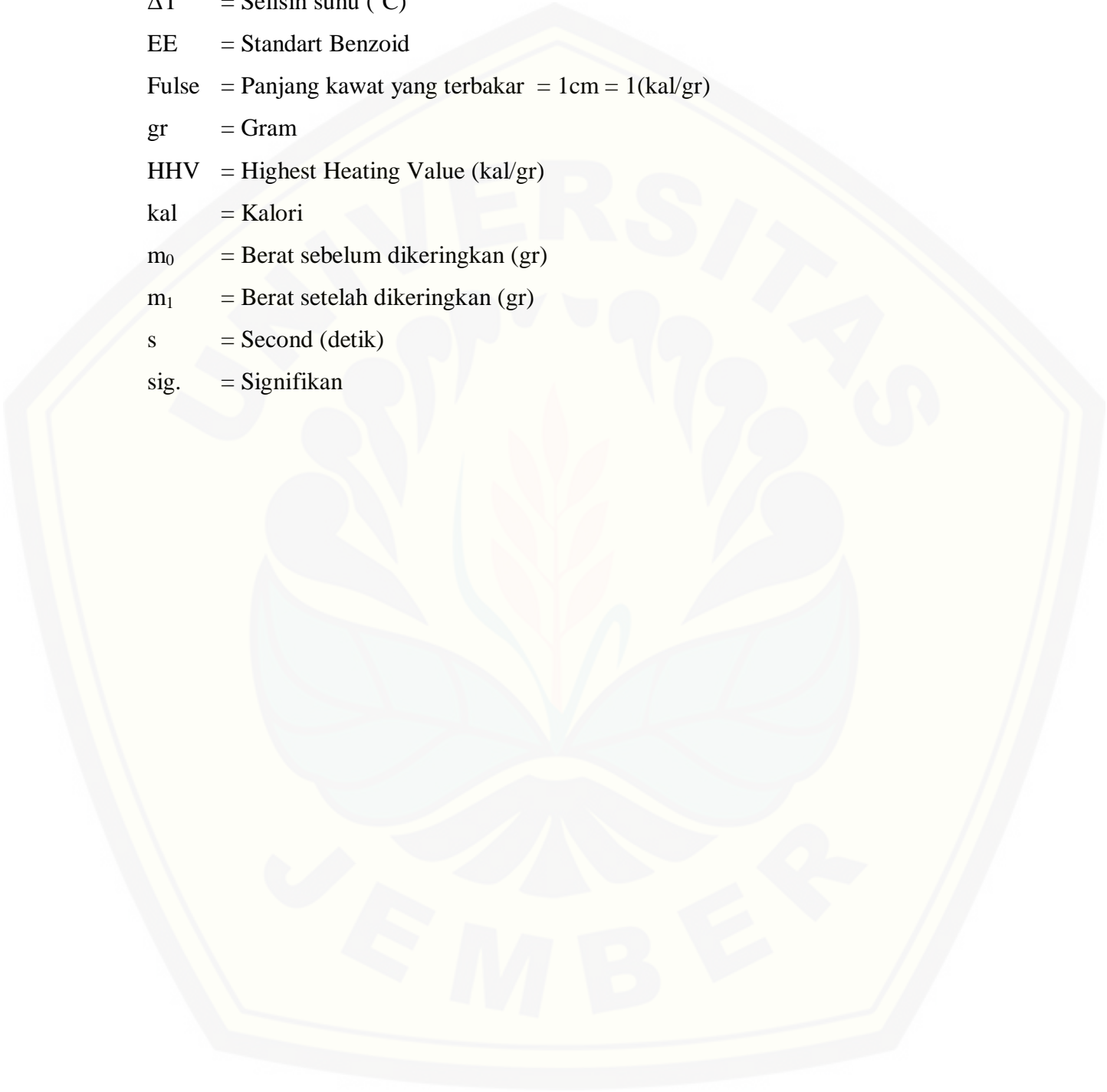
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Potensi Energi Biomassa di Indonesia	6
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serbuk Kayu.....	8
Tabel 2.3 Sifat Briket Arang.....	10
Tabel 2.4 Daftar Analisa Bahan Perekat	12
Tabel 2.5 Standart Benzoid	17
Tabel 3.1 Data Sampel untuk Desain RAL Satu Faktor	30
Tabel 3.2 Tabel ANOVA.....	31
Tabel 3.3 Pengambilan Data Nilai Kalor	32
Tabel 3.4 Pengambilan Data Kadar Air	32
Tabel 3.5 Pengamatan Waktu Penyalaan	32
Tabel 3.6 Pengamatan Waktu Pembakaran	33
Tabel 3.7 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	35
Tabel 4.1 Karakteristik Termal Briket Arang.....	36
Tabel 4.2 Uji Statistik ANOVA Nilai Kalor.....	38
Tabel 4.3 Uji Statistik ANOVA Kadar Air	40
Tabel 4.4 Uji Statistik ANOVA Waktu Penyalaan	42
Tabel 4.5 Uji Statistik ANOVA Waktu Pembakaran.....	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Serbuk Gergaji Kayu Sengon	7
Gambar 2.2 Briket Bioarang	8
Gambar 2.3 Tepung Tapioka	12
Gambar 2.4 Bom Kalorimeter	16
Gambar 2.5 Grafik Waktu Penyalaan	19
Gambar 2.6 Grafik Waktu Pembakaran	20
Gambar 3.1 Bom Kalorimeter	23
Gambar 3.2 Tungku Pirolisis	23
Gambar 3.3 Alat Pengepres, Cetakan, dan Cawan	24
Gambar 3.4 Timbangan, Ayakan 70mesh, Stopwatch	24
Gambar 3.5 Termoreader, Termokontrol, Blower	24
Gambar 3.6 Skema Alat Uji Pembakaran	28
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Briket Temperatur Pirolisis 200°C, 300°C, 400°C.....	36
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kalor	37
Gambar 4.3 Grafik Kadar Air	39
Gambar 4.4 Grafik Waktu Penyalaan	41
Gambar 4.5 Grafik Waktu Pembakaran	43

DAFTAR SIMBOL



ΔT	= Selisih suhu ($^{\circ}\text{C}$)
EE	= Standart Benzoid
Fulse	= Panjang kawat yang terbakar = 1cm = 1(kal/gr)
gr	= Gram
HHV	= Highest Heating Value (kal/gr)
kal	= Kalori
m_0	= Berat sebelum dikeringkan (gr)
m_1	= Berat setelah dikeringkan (gr)
s	= Second (detik)
sig.	= Signifikan

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Energi merupakan kebutuhan utama makhluk hidup di bumi untuk melakukan setiap aktifitas. Sumber energi yang paling banyak digunakan manusia merupakan sumber daya alam yang berasal dari fosil dan kini ketersediaannya menjadi terbatas. Dengan adanya masalah keterbatasan sumber energi manusia dituntut untuk melakukan upaya penghematan dan mencari sumber-sumber energi alternatif.

Beberapa energi alternatif yang dapat dikembangkan sebagai pengganti minyak bumi adalah gas bumi, batubara dan biomassa. Untuk gas bumi dan batubara masih merupakan energi fosil yang masih belum dimaksimalkan pemakaiannya, berdasarkan hal tersebut peneliti berfikir untuk memanfaatkan sumber energi alternatif baru. Biomassa merupakan bahan alami yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara bakar. Biomassa dapat diolah menjadi sumber energi alternatif seperti briket arang. Briket arang merupakan bahan bakar dengan tingkat nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Subroto, 2006). Permasalahan umum yang terjadi selama ini pada industri mebel kayu adalah permasalahan limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan perkakas kayu. Limbah serbuk gergaji kayu yang dihasilkan begitu banyak sehingga sering kali menimbulkan tumpukan serbuk kayu dan dapat menjadi salah satu penyebab pencemaran lingkungan. Dengan adanya upaya pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu menjadi sebuah briket arang diharapkan dapat mengurangi permasalahan tumpukan limbah serbuk kayu yang tidak terpakai dan dapat menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan.

Dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hartanto dan Alim (2014), meneliti optimasi kondisi operasi pirolisis sekam padi untuk menghasilkan bahan bakar briket arang sebagai bahan bakar alternatif. Dengan menggunakan metode

variasi suhu pirolisis (210°C, 250°C, 300°C, 350°C, 390°C) dan waktu operasi (30, 60, 90 menit) didapatkan nilai kalor optimal pada suhu 390°C selama 90 menit sebesar 5609,453 kal/gr. Menurut Setiawan *et al.* (2012), melakukan penelitian pengaruh komposisi pembuatan biobriket dari campuran kulit kacang dan serbuk gergaji terhadap nilai pembakaran dengan suhu pirolisis (300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C), dan diperoleh nilai kalor optimal sebesar 5670.538 kal/gr pada suhu 500°C. Menurut Ubaidillah (2014), meneliti karakteristik pembakaran briket ampas tebu dengan variasi temperatur pirolisis. Pelaksanaan penelitian dengan variasi temperatur pirolisis (0°C, 210°C, 300°C, 390°C), dan diperoleh rata-rata nilai kalor sebesar 5974.198 kal/gr. Menurut Surono (2010), melakukan penelitian peningkatan kualitas pembakaran biomassa limbah tongkol jagung sebagai bahan bakar alternatif dengan proses karbonisasi dan pembriketan. Menggunakan metode suhu karbonisasi (220°C, 300°C, 380°C), dan diperoleh nilai kalor optimal sebesar 7128,38 kal/gr pada suhu 380°C.

Untuk dapat mengetahui kualitas briket, maka perlu dilakukan pengujian karakteristik termal briket yang mencakup nilai kalor briket (*heating value*), kadar air (*moisture*), waktu penyalaan (*ignition time*), dan waktu pembakaran (*burning time*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dalam penelitian ini akan dilakukan analisa karakteristik termal briket menggunakan metode pirolisis dengan perumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh temperatur pirolisis terhadap nilai kalor (*heating value*) pada serbuk gergaji kayu sengon?
- 2) Bagaimana pengaruh temperatur pirolisis terhadap kadar air (*moisture*) pada serbuk gergaji kayu sengon?
- 3) Bagaimana pengaruh temperatur pirolisis terhadap waktu penyalaan (*ignition time*) pada serbuk gergaji kayu sengon?

- 4) Bagaimana pengaruh temperatur pirolisis terhadap waktu pembakaran (*burning time*) pada serbuk gergaji kayu sengon?

1.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang telah ditunjukkan di atas maka diperlukan pembatasan masalah untuk memudahkan analisa penelitian pada masalah yang diinginkan, batasan tersebut yaitu:

- 1) Kecepatan udara pembakaran konstan.
- 2) Komposisi perekat sama untuk semua briket.
- 3) Tekanan saat proses pengepresan sama untuk semua briket.
- 4) Tidak membahas pembentukan arang (*char*).

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

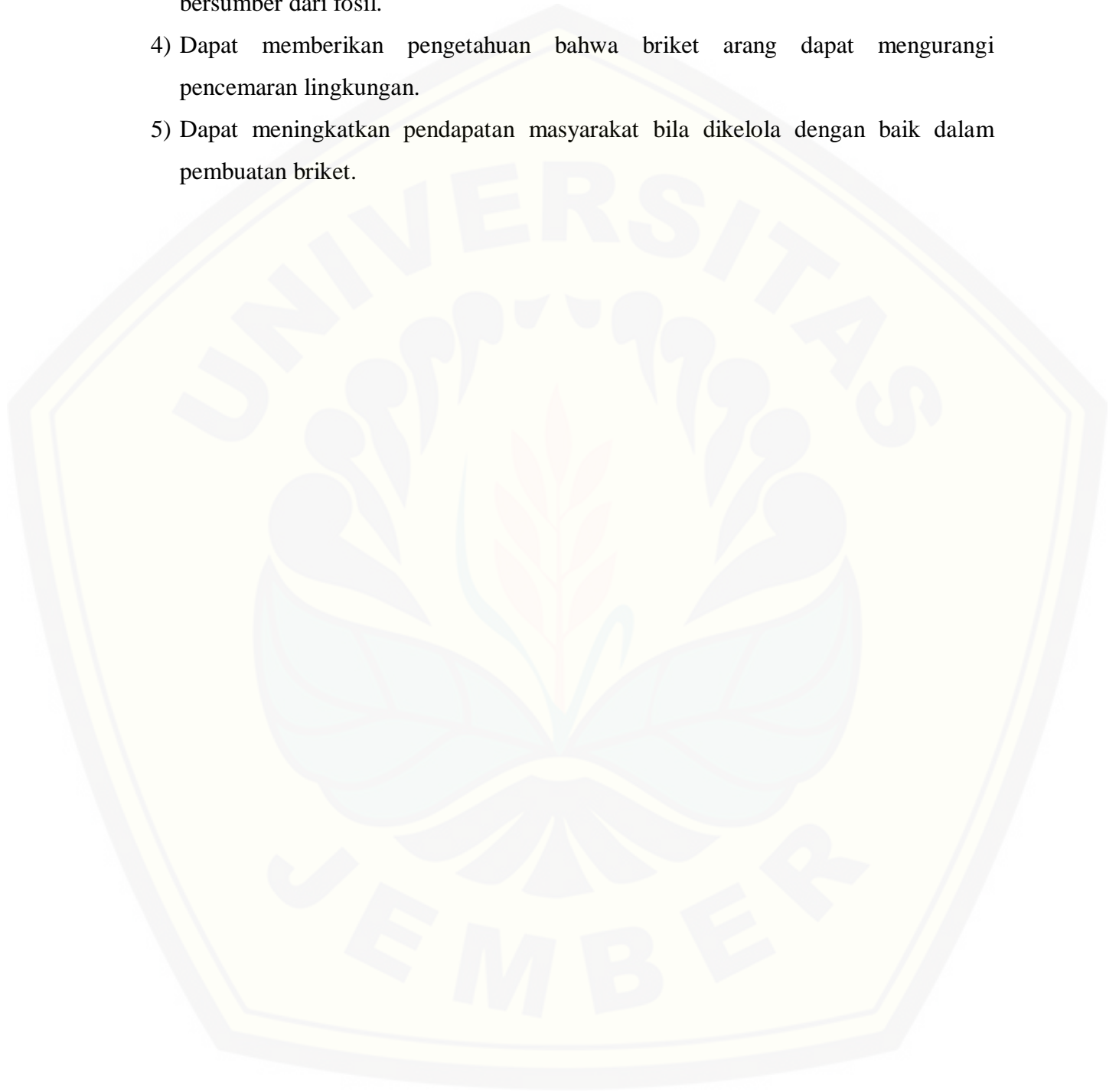
- 1) Mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap nilai kalor (*heating value*) pada serbuk gergaji kayu sengon?
- 2) Mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap kadar air (*moisture*) pada serbuk gergaji kayu sengon?
- 3) Mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap waktu penyalaaan (*ignition time*) pada serbuk gergaji kayu sengon?
- 4) Mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap waktu pembakaran (*burning time*) pada serbuk gergaji kayu sengon?

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Dapat membantu mengatasi permasalahan dalam pengolahan limbah organik khususnya limbah serbuk gergaji kayu sengon.
- 2) Dapat membantu menghasilkan bahan bakar alternatif yang ekonomis.

- 3) Dapat membantu mengurangi ketergantungan penggunaan bahan bakar yang bersumber dari fosil.
- 4) Dapat memberikan pengetahuan bahwa briket arang dapat mengurangi pencemaran lingkungan.
- 5) Dapat meningkatkan pendapatan masyarakat bila dikelola dengan baik dalam pembuatan briket.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa dan Potensinya

Biomassa adalah jenis material organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Biomassa dapat dikategorikan sebagai kayu dan biomassa non-kayu. Biomassa kayu dapat dibagi lagi menjadi kayu keras dan kayu lunak. Biomassa non-kayu yang dapat digunakan sebagai bahan bakar meliputi limbah hasil pertanian seperti limbah pengolahan industri gula pasir (*bagasse*), sekam padi, jerami, biji-bijian, termasuk pula kotoran hewan dapat juga digunakan sebagai bahan bakar. Bahan bakar kayu meliputi kayu gelondongan (*cord wood*), ranting pohon, tatal kayu, kayu sejenis cemara (*bark*), gergajian kayu (*sawdust*), sisa hasil hutan, arang kayu, dan lain-lain (Vanaparti dalam Syafiq, 2009).

Sedangkan menurut Silalahi (dalam Ndraha, 2009) biomassa adalah campuran material organik yang kompleks yang terdiri dari: karbohidrat, lemak, protein, dan terdapat beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti: sodium, fosfor, kalsium, dan besi. Komponen utama tanaman biomassa adalah karbohidrat (berat kering kira-kira sampai 75%), lignin (sampai dengan 25%) dimana pada beberapa tanaman komposisinya dapat berbeda-beda.

Biomassa merupakan produk fotosintesis, yakni butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel surya, menyerap energi matahari yang mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hidrogen dan oksigen. Senyawa ini sebagai suatu penyerapan energi yang dapat dikonversi menjadi produk lain. Hasil konversi dari senyawa itu dapat berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, tar dan lain sebagainya (Ndraha, 2009).

2.1.1 Potensi biomassa

Potensi biomassa di Indonesia yang dapat digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Limbah yang berasal hewan maupun tumbuhan semuanya sangat potensial untuk dilakukan pengembangan. Potensi di Indonesia cukup tinggi dengan hutan tropis Indonesia yang sangat luas seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Potensi energi biomassa di Indonesia

Sumber energi	Produksi (10^6 ton/th)	Energi (10^9 kkal/th)
Kayu	25	100
Sekam padi	7.55	27
Tongkol jagung	1.52	6.8
Tempurung kelapa	1.25	5.1
Potensi total	35.32	138.9

Sumber: Kadir dalam Ndraha (2009)

Upaya pemanfaatan biomassa juga sering disebut dengan menanam energi hijau (*energy farming*) dan mampu melibatkan banyak tenaga kerja sehingga layak disebut *pro job action* (Kong, 2010).

Faktor-faktor keunggulan dan kelemahan pemanfaatan potensi energi biomassa (Kong, 2010) :

a. Keunggulan

- 1) Terdapat di semua tempat.
- 2) Mengurangi sampah-sampah perkotaan, pertanian maupun industri.
- 3) Bahan bakar yang selalu tersedia.
- 4) Memanfaatkan lahan tidur dengan menanam tumbuhan energi.
- 5) Pembakaran biomassa mengurangi secara signifikan emisi gas sulfur, NO_x , dan CO_2 .

b. Kelemahan

- 1) Kandungan energinya tidak setinggi bahan bakar fosil.
- 2) Biaya total *pretreatment* relatif tinggi, terutama untuk jenis biomassa dengan kandungan kelembapan tinggi.

3) Menimbulkan emisi bila terjadi pembakaran yang tidak sempurna.

2.1.2 Serbuk Gergaji Kayu Sengon

Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen, juga dikenal dengan nama sengon, merupakan salah satu jenis pionir serbaguna yang sangat penting di Indonesia. Jenis ini dipilih sebagai salah jenis tanaman hutan tanaman industri di Indonesia karena pertumbuhannya yang sangat cepat, mampu beradaptasi pada berbagai jenis tanah, karakteristik silvikulturnya yang bagus dan kualitas kayunya dapat diterima untuk industri panel dan kayu pertukangan (Krisnawati *et al.*, 2011).

Serbuk gergaji kayu adalah serbuk kayu dari jenis kayu yang diperoleh dari limbah ataupun sisa yang terbuang dari jenis kayu dan dapat diperoleh di tempat pengolahan kayu atau pun industri kayu. Serbuk ini biasanya terbuang percuma ataupun dimanfaatkan dalam proses pengeringan kayu yang menggunakan metode kiln ataupun dimanfaatkan untuk bahan pembuatan obat nyamuk bakar. Maka dicari alternatif untuk membuat limbah gergaji kayu lebih bermanfaat dalam penggunaannya (Effendi dalam Wijayanti, 2009). Proses pembriketan merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah serbuk kayu sengon. Keuntungan pembriketan antara lain mampu meningkatkan nilai kalor per unit volume, mempunyai kualitas dan ukuran yang seragam, mudah dalam pengemasan dan mudah disimpan (Satmoko *et al.*, 2013). Contoh serbuk gergaji kayu disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Serbuk gergaji kayu sengon (Sumber: www.indotrading.com)

Pada umumnya serbuk gergaji kayu memiliki komposisi kandungan kimia yang bervariasi bergantung pada varietas, jenis kayu dan media tanam. Namun, secara umum serbuk gergaji kayu memiliki komposisi kimia seperti yang terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi kimia serbuk kayu

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Holosellulosa	70.52
Sellulosa	40.99
Ligin	27.88
Pentosan	16.89
Abu	1.38
Air	5.64

Sumber : Atria *et al.* dalam Ndraha (2009).

2.2 Briket Arang

Briket adalah gumpalan-gumpalan yang dibuat dari bahan serbuk atau bubuk yang kemudian dilakukan proses pengepresan untuk dicetak sesuai bentuk yang diinginkan. Arang merupakan bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pengarangan bahan yang mengandung karbon. Arang menjadi salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan bahan bakar. Contoh briket arang seperti dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Briket arang (Sumber: www.tokomesinkelapa.com)

Bahan pembuatan briket arang dapat menggunakan berbagai macam limbah yang kurang dimanfaatkan, mulai dari briket limbah pertanian maupun briket dengan pemanfaatan limbah industri mebel seperti serbuk gergaji kayu (*sawdusk*). Menurut Bossel (dalam Mursalim, 2004), bahan biomass yang dapat digunakan untuk pembuatan briket berasal dari:

- 1) Limbah pengolahan kayu seperti: *logging residues, bark, sawdusk, shavings, water 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.

Menurut Brandes dan Tobing (dalam Setiawan *et al.*, 2012), terdapat berbagai macam bentuk dari briket yang umum dikenal antara lain: bantal (*oval*), sarang tawon (*honey comb*), silinder (*cylinder*), telur (*egg*), dan lain-lain. Keuntungan dari bentuk briket adalah sebagai berikut:

- 1) Ukuran dapat disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Porositas dapat diatur untuk memudahkan pembakaran.
- 3) Mudah dipakai sebagai bahan bakar.

Menurut Fajrin (dalam Setiawan *et al.*, 2012), secara umum beberapa spesifikasi briket yang dibutuhkan oleh konsumen adalah sebagai berikut:

- 1) Daya tahan briket.
- 2) Ukuran dan bentuk.
- 3) Bersih (tidak berasap).
- 4) Bebas gas-gas berbahaya.

- 5) Sifat pembakaran yang sesuai dengan kebutuhan (mudah dibakar, efisiensi energi, pembakaran stabil).

Menurut Mahajoeno (dalam Setiawan *et al.*, 2012), syarat briket yang baik adalah briket yang memiliki permukaan halus dan tidak meninggalkan bekas hitam ditangan. 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 menandung racun.
- 4) Kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan dalam waktu yang lama.

Menurut Trino (2006), kualitas briket arang pada umumnya ditentukan berdasarkan sifat fisik dan kimianya antara lain ditentukan oleh kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, kerapatan, keteguhan, tekan, dan nilai kalor. Sedangkan kualitas secara baku untuk briket arang Indonesia mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-6235-2000 dan juga mengacu pada sifat briket arang buatan Jepang, Inggris, dan USA seperti Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Sifat briket arang

Sifat briket	Jepang	Inggris	USA	SNI
Kadar air (%)	6 - 8	3.6	6.2	8
Kadar abu (%)	3 - 6	5.9	8.3	8
Kadar zat menguap (%)	15 - 30	16.4	19 - 28	15
Kadar karbon terikat (%)	60 - 80	75.3	60	77
Kerapatan (g/cm ³)	1 - 1.2	0.46	1	-
Keteguhan tekan (kg/cm ²)	60	12.7	62	-
Nilai kalor (kal/gr)	6000 - 7000	6500	7000	5000

Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, dalam Trino (2006)

2.3 Bahan Perekat

Perekat adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan. Beberapa istilah lain dari perekat yang memiliki kekhususan meliputi *glue*, *mucilage*, *paste*, dan *cement*. *Glue* merupakan perekat yang terbuat dari protein hewani, seperti kulit, kuku, urat, otot, dan tulang yang secara luas digunakan dalam industri pertukangan kayu. *Mucilage* adalah perekat yang dipersiapkan dari getah dan air dan diperuntukan terutama untuk perekat kertas. *Paste* merupakan perekat pati (*starch*) yang dibuat melalui pemanasan campuran pati dan air dan dipertahankan berbentuk pasta. *Cement* adalah istilah yang digunakan untuk perekat yang bahan dasarnya karet dan mengeras melalui pelepasan pelarut (Ruhendi dalam Ndraha, 2009).

Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam campuran bahan baku, pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat perekat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Bahan perekat yang digunakan adalah bahan yang juga mengandung nilai kalor, pada umumnya bahan perekat menggunakan tepung tapioka, tepung singkong, dan tepung ketan. Perekat dari pati, dekstrin, dan tepung jagung cenderung sedikit atau tidak berasap. Sedangkan perekat dari bahan *pith*, dan *molasses* cenderung lebih banyak menghasilkan asap (Hartoyo dan Roliandi dalam Virgiawan, 2014).

Penggunaan bahan perekat dapat memperkuat ikatan antar partikel, butir-butiran arang akan saling mengikat yang menyebabkan air terikat dalam pori-pori arang (Komarayati dan Gusmailina dalam Ndraha, 2009). Penggunaan bahan perekat juga dimaksudkan untuk menarik tekstur yang padat atau mengikat dua bahan yang akan direkatkan. Dengan adanya bahan perekat maka susunan partikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekan pada briket arang akan semakin baik. Dalam penggunaan bahan perekat harus memperhatikan faktor ekonomis maupun non-ekonomisnya (Silalahi dalam Ndraha,

2009). Analisa berbagai tepung pati – patian dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Daftar analisa bahan perekat

Jenis Tepung	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Protein (%)	Serat kasar (%)
Tepung Jagung	10.52	1.27	4.89	8.48	1.04
Tepung Beras	7.58	0.68	4.53	9.89	0.82
Tepung Terigu	10.7	0.86	2.00	11.50	0.64
Tepung Tapioka	9.84	0.36	1.50	2.21	0.69
Tepung Sagu	14.1	0.67	1.03	1.12	0.37

Sumber : Ndraha (2009)

Pada penelitian ini, bahan perekat yang akan digunakan adalah bahan perekat tepung tapioka (kanji) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Tepung tapioka yang ditambah dengan air akan memiliki sifat perekat. Kegunaan tepung tapioka ini umumnya sebagai perekat briket dikarenakan mudah didapat dan harganya relatif murah. Pertimbangan lain bahwa perekat tapioka dalam penggunaannya menimbulkan asap yang lebih sedikit dibandingkan bahan lain (Saleh, 2013).



Gambar 2.3 Tepung Tapioka (Sumber: www.fermentasjm.indonetwork.co.id)

2.4 Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata Pyro (*fire/api*) dan Lyo (*loosening/pelepasan*) proses dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil (Awalludin dalam Nindita, 2012). Teknologi ini adalah pembakaran yang tanpa melibatkan oksigen (O_2) dalam proses pembakarannya. Pirolisis telah dikenal sejak ratusan tahun yang lalu untuk membuat arang dari sisa tumbuhan, sekitar pada abad ke-18 pirolisis dilakukan untuk menganalisis komponen penyusun biomassa (Fatimah dalam Nindita, 2012).

Pada proses pirolisis terdapat beberapa tingkatan proses yaitu pirolisis primer dan sekunder. Pirolisis primer adalah pirolisis yang terjadi pada bahan baku, sedangkan pirolisis sekunder adalah pirolisis yang terjadi atas partikel dan gas/uap hasil pirolisis (Abdullah *et al.* dalam Ndraha, 2010). Pirolisis merupakan proses dekomposisi material, yaitu pemecahan struktur kimia material mentah menjadi fase gas melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Pirolisis ekstrim, yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu, disebut karbonisasi. Produk dari proses pirolisis terdiri dari tiga jenis produk yaitu: gas (H_2 , CO , CO_2 , H_2O , dan CH_4), tar (*pyrolysis oil*), dan arang (*charcoal*).

Menurut Ramadhan dan Munawar (2011), Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis:

1. Waktu

Waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung semakin besar reaksi dekomposisi partikel menjadi arang, tar, dan gas.

2. Suhu

Suhu sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan karena suhu yang semakin tinggi nilai konstanta dekomposisi termal akan semakin besar akibatnya laju pirolisis akan bertambah dan konversi menjadi naik.

3. Ukuran Partikel

Ukuran partikel terhadap produk pirolisis, semakin besar ukuran partikel luas permukaan per satuan berat semakin kecil sehingga proses akan semakin lambat.

4. Berat Partikel

Semakin banyak bahan yang dimasukkan kedalam tungku pirolisis, menyebabkan hasil dari produk tar dan arang semakin meningkat.

Kondisi operasi yang digunakan, pirolisis terbagi menjadi 2 yaitu *conventional pyrolysis* dan *fast pyrolysis*. *Conventional pyrolysis* yang biasa disebut *slow pyrolysis* karena memerlukan waktu yang cukup lama pada proses pirolisis dibandingkan dengan *fast pyrolysis*. Laju pemanasan pada proses cukup rendah, laju pemanasan yang digunakan antara 0,1-1 K/s (Desideru *et al.* dalam Lailunnazar *et al.*, 2008).

Menurut Griffion dalam Bahri (2007), proses pirolisis kayu secara singkat dapat digambarkan sebagai berikut:

150°C sampai 200°C : Air di dalam bahan baku dilepaskan bersama dengan gas CO dan CO₂ dalam jumlah kecil. Bahan baku kayu baru mengandung 50% karbon.

200°C sampai 300°C : Pembentukan gas CO dan CO₂ serta penyulingan terhadap asam asetat, asam format, dan metanol dimulai. Arang kayu mulai berwarna coklat tua dan kandungan karbon mencapai 70%.

300°C sampai 400°C : Disamping pembentukan gas, terdapat senyawa hidrokarbon. Penyulingan asam asetat dan methanol terus terjadi dan mulai terpisah dengan tar yang berwarna coklat. Arang mulai keras dan berwarna hitam dengan kandungan karbon mencapai 80%.

400°C sampai 500°C : Gas terbentuk dalam jumlah besar, terutama yang terdiri dari senyawa hidrokarbon dengan molekul CO dan CO₂ yang juga

terpisah kandungan tar yang berwarna hitam pekat. Kandungan karbon mencapai 85% dan arang sudah mulai berwarna hitam pekat agak keras.

Diatas 500°C : Pembentukan tar diteruskan dan gas hidrogen semakin bertambah. Kandungan kadar karbon mencapai 90%.

Menurut Setiawan *et al.* (2012), meneliti pengaruh komposisi pembuatan biobriket dari campuran kulit kacang dan serbuk gergaji terhadap nilai pembakaran. Semakin tinggi suhu pirolisis atau karbonisasi maka nilai kalor akan semakin meningkat juga. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin sempurna proses karbonisasi yang terjadi. Selain itu, semakin tinggi suhu maka akan semakin tinggi juga kadar *fixed carbon* dalam arang sedangkan kadar *volatile matter* akan semakin berkurang sehingga nilai kalor dari briket arang akan semakin meningkat.

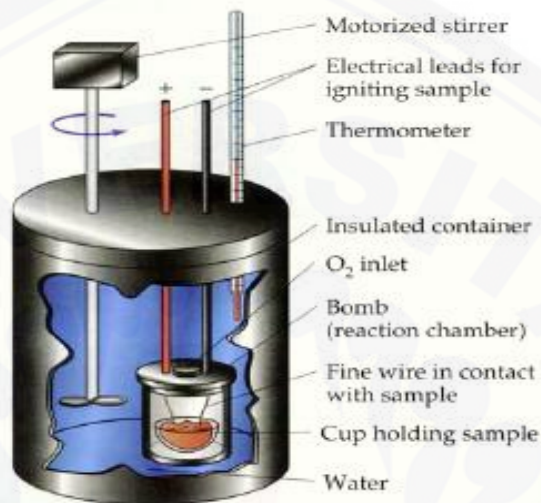
2.5 Karakteristik Termal Briket

2.5.1 Nilai kalor (*heating value*)

Nilai kalor bahan bakar terdiri dari HHV (*highest heating value* / nilai kalor tertinggi) dan LHV (*low heating value* / nilai kalor terendah). Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gr bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,5°C – 4,5°C dengan satuan kalori. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka akan semakin rendah nilai kalor yang diperoleh (Widarti *et al.* 2010). Nilai kalor merupakan energi panas yang dilepaskan dari proses pembakaran sejumlah berat (*massa*) bahan bakar yang dimana hasil proses pembakaran dalam bentuk abu (*ash*), gas CO₂, SO₂, nitrogen, air dan tidak termasuk air yang menjadi uap (*vapor*).

Pengujian terhadap nilai kalor bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai panas pembakaran yang dihasilkan oleh briket arang (Triono, 2006). Pengujian untuk memperoleh nilai kalor (*heating value*) briket arang menggunakan alat uji bom

kalorimeter. Bom kalorimeter merupakan suatu alat yang banyak digunakan untuk penentuan nilai kalor bahan bakar padat dan cair. Gambar bom kalorimeter dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bom Kalorimeter (Sumber: www.chem-is-try.org)

Pengujian bom kalorimeter dilakukan dengan dibawah pengaruh volume konstan dan tanpa aliran atau dengan kata lain reaksi pembakaran dilakukan tanpa menggunakan nyala api melainkan menggunakan gas oksigen sebagai pembakar dengan volume konstan atau tekanan tinggi, kemudian dimasukan kedalam sebuah kontainer logam yang tertutup, serta diberi muatan oksigen dengan tekanan tinggi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu kalorimeter sebesar 1°C pada air dengan massa 1 gr disebut tetapan kalorimeter (Virgiawan, 2014).

Prosedur pengujian bom kalorimeter berdasarkan standar ASTM D-5865 adalah bahan bakar yang akan di ukur dimasukkan kedalam bejana logam yang kemudian diisi oksigen pada tekanan tinggi. Bom kalorimeter itu ditempatkan didalam bejana berisi air dan bahan bahan bakar itu dinyalakan dengan sambungan listrik dari luar. Selanjutnya temperatur air diukur sebagai fungsi waktu sesudah proses pembakaran berakhir dan dari pengetahuan besaran massa air di dalam sistem, massa dan panas spesifik kontainer dan kurva pemanasan maupun pendinginan,

maka energi yang terlepas selama pembakaran bisa ditentukan. Dalam hal ini motor penggerak pengaduk bekerja untuk menjamin keseragaman temperatur air di sekitar bom. Dalam kondisi khusus pemanasan luar disuplai oleh mantel air untuk mempertahankan suhu seragam, sementara dalam kontrol lain mantel bisa dibiarkan kosong untuk mempertahankan mendekati kondisi air didalam kontainer adiabatik. Kompensasi untuk panas hilang ke udara sekitarnya bisa dibuat melalui analisa kurva pendinginan dan pemanasan transien (Virgiawan, 2014). Hasil *standart benzoid* dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 *Standart Benzoid*

Bahan Uji	Suhu Akhir (°C)	Suhu Awal (°C)	Selisih Suhu (°C)	Berat <i>Benzoid</i>	EE (<i>Standart Benzoid</i>)
1	28.39	25.74	2.65	1.01	2407.992
2	29.39	26.715	2.675	1.01	2385.488
3	30.49	27.795	2.695	1.01	2367.785
4	29.27	26.76	2.51	1.00	2517.131
5	29.95	27.21	2.74	1.01	2328.898
Total					12007.294
Rata-rata					2455.6142

Sumber : Literatur Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang

Nilai kalor briket dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

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

EE = *Standart benzoid* (rata – rata hasil pengujian)

Acid = Sisa abu (kal/gr)

Fulse = Panjang kawat yang terbakar = 1cm = 1(kal/gr)

ΔT = Selisih suhu (°C)

2.5.2 Kadar Air (*Moisture*)

Kadar air adalah perbandingan berat dari berat air yang terkandung dalam briket arang sebelum dan sesudah dilakukan proses pengeringan. Kadar air memiliki hubungan langsung dengan nilai kalor, semakin tinggi kadar air dapat mengakibatkan penurunan dari nilai kalor. Menurut Satmoko *et al.* (2013), hal ini disebabkan energi panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air dalam briket arang sebelum menghasilkan energi panas yang dapat digunakan sebagai energi panas pembakaran. Kadar air briket arang diharapkan serendah mungkin agar nilai kalor tinggi dan mudah dalam proses penyalaan. Standart prosedur pengujian kadar air terdapat pada ASTM D3173-04. Untuk mendapatkan nilai kadar air, maka dapat digunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

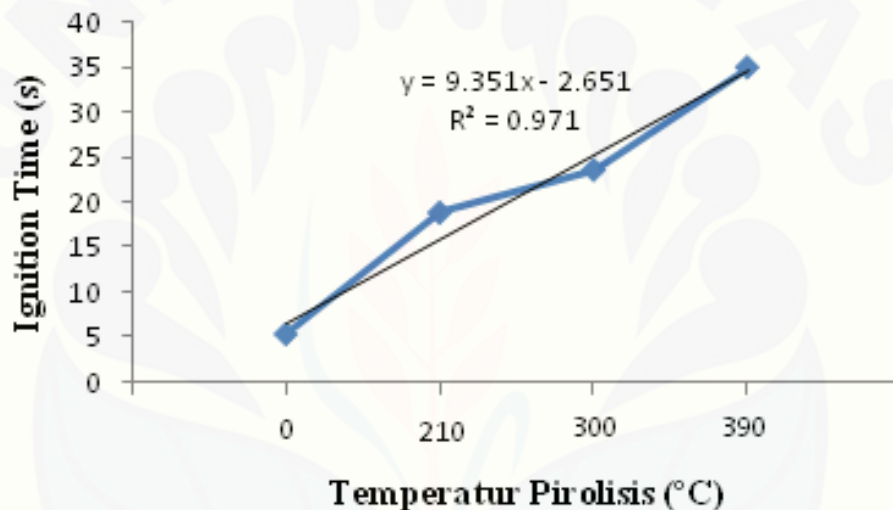
m_0 = Berat bahan sebelum dikeringkan (gr)

m_1 = Berat bahan setelah dikeringkan pada 105°C (gr)

2.5.3 Waktu Penyalaan (*Ignition Time*)

Waktu penyalaan adalah waktu yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar hingga muncul titik nyala api. Waktu pengapian diambil sebagai rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nyala api (David *et al.* 2013). Waktu penyalaan (*ignition time*) briket arang yang paling cepat adalah pada komposisi arang yang memiliki kadar kandungan *volatile matter* tinggi. Semakin banyak kadungan *volatile matter* pada arang maka akan semakin mudah arang untuk terbakar dan laju pembakaran akan semakin cepat. Besarnya kandungan nilai *volatile matter* mempunyai hubungan yang terbalik dengan kadar karbon terikat. Semakin tinggi kadar kandungan nilai *volatile matter* dalam bahan baku maka kadar karbon terikat semakin rendah dan menurunkan nilai kalor (Satmoko, 2013). Proses

pengujian waktu penyalan mengacu dari penelitian yang dilakukan oleh Ubaidillah (2014). Prinsip pengujian waktu penyalan briket adalah menghitung waktu yang dibutuhkan untuk briket hingga timbulnya nyala api dari briket. Proses penyalan briket dilakukan dengan meletakan briket diatas elemen pemanas dan menggunakan *stopwatch* untuk menghitung waktu penyalan. Ubaidillah (2014), menyatakan waktu penyalan meningkat dari temperatur pirolisis yang paling rendah hingga temperatur pirolisis yang paling tinggi dengan waktu penyalan 5,4 s/d 35 detik seperti Gambar 2.5.

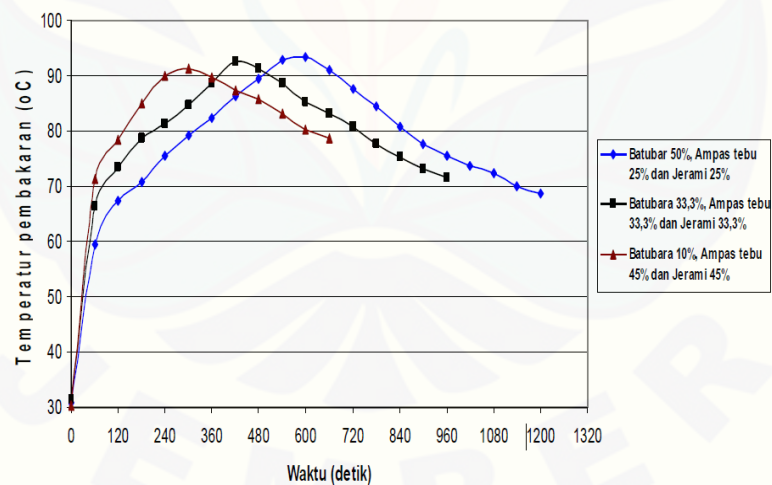


Gambar 2.5 Grafik waktu penyalan (Sumber: Ubaidillah, 2014)

2.5.4 Waktu Pembakaran (*Burning Time*)

Waktu pembakaran merupakan waktu yang diperlukan briket arang pada saat terbakar hingga selesai proses pembakaran briket. Menurut David *et al.* (2013), 200g briket komposit yang terbakar dalam tungku arang dan waktu pembakaran diukur. Secara rata-rata, briket dari partikel terbesar terbakar hingga 19,25 menit, sedangkan dari partikel terkecil dari partikel bereaksi hingga 28 menit. Kenaikan temperatur pirolisis berpengaruh terhadap waktu pembakaran (*burning time*). Hal ini dikarenakan semakin besar suhu dan waktu pirolisis maka semakin banyak kadar *volatile matter*

yang terbang sehingga waktu pembakaran (*burning time*) akan semakin lama (Gafar *et al.* dalam Rustini, 2004). Menurut Hendra dan Pari (2000), bahwa kandungan kadar *volatile matter* yang tinggi akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket arang dinyalakan, karena disebabkan adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan alkohol yang terdapat pada arang. Saptoadi *et al.* (2007), menyatakan bahwa laju pembakaran arang semakin tinggi dengan semakin tingginya kandungan senyawa yang mudah menyuap (*volatile matter*). Proses pengujian waktu pembakaran sama dengan pengujian waktu penyalaan. Namun, penghitungan waktu yang dilakukan adalah setelah briket menyala hingga briket habis terbakar dengan menggunakan suplai laju kecepatan udara konstan sebesar 0.6 m/s. Saptoadi (2008), melakukan pengujian pembakaran menggunakan gas LPG untuk membakar briket dengan suplai udara (0.3 m/s, 0.4m/s, 0.5m/s). Subroto (2006), menguji pembakaran dengan laju kecepatan udara konstan (0.3m/s) dan menggunakan gas LPG untuk memanaskan tungku pada pembakaran biobriket dan diperoleh waktu pembakaran seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik waktu pembakaran (Sumber: Subroto, 2006)

2.6 Hipotesa

Semakin tinggi temperatur pirolisis briket arang serbuk gergaji kayu sengon maka akan semakin besar nilai kalor, semakin menurun kadar air dan semakin lama waktu penyalaan dan waktu pembakaran yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin tinggi juga kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dalam arang sedangkan kadar air (*moisture*) dan kandungan zat mudah menguap (*volatile matter*) akan semakin berkurang sehingga nilai kalor dari briket arang akan semakin meningkat.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu suatu metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik termal briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Pelaksanaan waktu penelitian ini dilakukan pada bulan April – Agustus 2015.

3.2.2 Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada dua tempat yaitu: di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya meliputi pengujian nilai kalor.

Tempat : Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kegiatan : Melakukan pembuatan briket arang serbuk gergaji kayu sengon, pengujian kadar air, waktu penyalaan dan waktu pembakaran.

Tempat : Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Kegiatan: Pengujian nilai kalor dengan menggunakan alat uji bom kalorimeter.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang meliputi:

3.3.1 Alat

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian :

- 1) Bom kalorimeter : Untuk mengetahui karakteristik nilai kalor bahan bakar seperti

Gambar 3.1

Spesifikasi alat bom kalorimeter:

Merk : PARR
Model : PARR 1241 EF
Tegangan : 220V
Frekuensi : 50Hz
Negara pembuat : USA
Tahun : 1987



Gambar 3.1 Bom kalorimeter

- 2) Tungku pirolisis: Digunakan untuk proses pengurangan lihat Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tungku pirolisis

3) Alat pengepres briket, cetakan dan cawan briket lihat Gambar 3.3



(a) (b) (c)

Gambar 3.3 (a) Alat pengepres briket, (b) Cetakan briket, (c) Cawan

4) Timbangan digital, saringan ukuran 70 mesh, stopwatch lihat Gambar 3.4



(a) (b) (c)

Gambar 3.4 (a) Timbangan digital, (b) Saringan 70 mesh, (c) Stopwatch

5) Termoreader, termokontrol, blower lihat Gambar 3.5



(a) (b) (c)

Gambar 3.5 (a) Termoreader, (b) Termokontrol, (c) Blower

3.3.2 Bahan

- 1) Arang serbuk gergaji kayu sengon
- 2) Tepung tapioka
- 3) Air panas

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah temperatur pirolisis dengan tekanan pembriketan 86.379 kg/cm^2 dan komposisi 7 gr arang : 2 gr tapioka : 1 gr air. Temperatur pirolisis yang digunakan dalam pembuatan briket menggunakan tiga variasi yaitu:

T_1 = Temperatur pirolisis 200°C

T_2 = Temperatur pirolisis 300°C

T_3 = Temperatur pirolisis 400°C

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan menganalisa data-datanya meliputi:

HHV = *Highest heating value* (kal/gr)

ΔT = selisih suhu ($^\circ\text{C}$)

T_0 = Suhu air pendingin sebelum diuji ($^\circ\text{C}$)

T_1 = Suhu air pendingin sesudah diuji ($^\circ\text{C}$)

Fulse = Panjang kawat yang terbakar = $1\text{cm} = 1(\text{kal/gr})$

3.5 Proses Pembuatan Briket

Proses pembuatan briket melalui beberapa tahap, yaitu:

- 1) Melakukan pengambilan limbah serbuk gergaji kayu sengon pada industri mebel CV. Harapan Mulya.
- 2) Membersihkan Limbah serbuk gergaji kayu sengon dari kotoran kulit kayu.
- 3) Menjemur Limbah serbuk gergaji kayu sengon dibawah sinar matahari selama 3 hari.
- 4) Mengarangkan serbuk kayu tersebut menggunakan tungku pirolisis seperti Gambar 3.6 dengan variasi suhu 200°C, 300°C, 400°C.
- 5) Melakukan proses pengayakan arang serbuk gergaji kayu segon dengan ukuran 70 *mesh*.
- 6) Mencampurkan arang serbuk gergaji kayu sengon dengan tepung tapioka dan air panas dengan komposisi 7 gr arang : 2 gr tapioka : 1 gr air.
- 7) Mencetak adonan menggunakan alat press briket dengan tekanan pembriketan sebesar 86.379 kg/cm².
- 8) Pada proses pengepresan briket ditahan selama 1 menit dengan tujuan agar perekat dapat merekat dengan sempurna.
- 9) Mengeluarkan briket dari cetakan kemudian dikeringkan menggunakan oven .

3.6 Pengujian Nilai Kalor

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan 2 liter air/*aquades*, kemudian dimasukkan ke dalam *oval bucket*.
- 2) Menimbang bahan bakar yang akan diuji, kemudian dimasukkan 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) Masukkan ke dalam tabung *oxygen bomb*, bahan yang diuji didalam *combustion capsule* bersama dengan kawat.

- 5) Menghubungkan semua peralatan bom kalorimeter dengan listrik.
- 6) Menggisikan tabung *oxygen bomb* dengan oksigen bertekanan 30-35Atm menggunakan bantuan *auto charger*.
- 7) Setelah selesai, masukkan tabung *oxygen bomb* ke dalam *oval bucket* yang telah terisi air.
- 8) Kemudian masukkan *oval bucket* ke dalam *adiabatic calorimeter*, lalu tutup.
- 9) Menyalakan *switch* ke posisi on.
- 10) Menyeterilkan / menyamakan suhu dari *aquades*/air di *oval bucket* dengan suhu *water jacket* dengan menggunakan *switch hot/cold*, setelah sama, catat suhu yang terjadi kemudian bakar bahan bakar yang diuji tersebut.
- 11) Beberapa saat kemudian, catat kembali suhu yang terjadi pada *aquades*/ air (catat temperatur maksimum yang tercapai).
- 12) Setelah itu hitung selisih temperatur di air pada kondisi awal dengan kondisi setelah terjadi pembakaran.
- 13) Selisih tersebut kalikan dengan *standard benzoid* dengan tabung tertentu.
- 14) Setelah itu hitung sisa kawat yang terbakar.
- 15) Sehingga diketahui nilai kalor dari bahan bakar yang diuji.

3.7 Pengujian Waktu Pembakaran dan Penyalaan

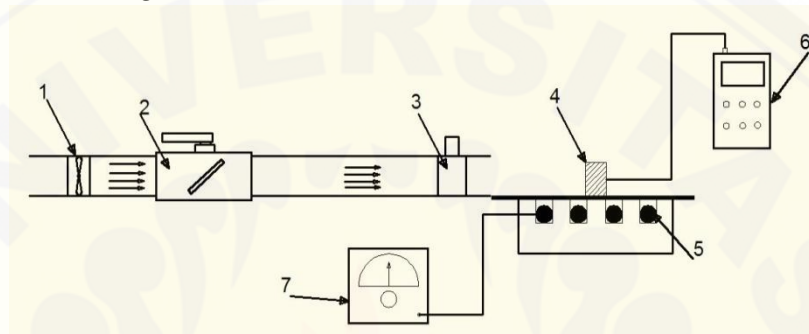
Bertempat di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Menyalakan dan menyetel laju udara fan 0.6 m/s menggunakan anemometer.
- 2) Merangkai dan menyetel suhu elemen pemanas menggunakan termokontrol pada posisi suhu 200°C.
- 3) Meletakkan briket di atas elemen pemanas dengan jarak antara briket ke elemen pemanas 10 mm.
- 4) Mencatat waktu yang dibutuhkan untuk penyalaan dan dilanjutkan mencatat waktu pembakaran menggunakan *stopwacth*.

- 5) Mengulangi 3x pengujian semua briket arang serbuk gergaji kayu sengon pada masing-masing variasi.

3.7.1 Skema alat uji pembakaran

Pada Gambar 3.7 adalah skema alat uji pembakaran untuk mengetahui *ignition time* dan *burning time*.



Gambar 3.6 Skema alat uji pembakaran

Keterangan:

- 1) Blower
- 2) Katup
- 3) Anemometer
- 4) Briket
- 5) Elemen pemanas
- 6) Termoreader
- 7) Termokontrol

3.8 Metode Pengambilan Data Pengujian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Rancangan percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) metode Sidik Ragam ulangan yang sama dimana peletakan perlakuan diacak pada seluruh materi percobaan, hal ini berarti seluruh unit percobaan mempunyai peluang yang sama besar untuk menerima perlakuan. Materi percobaan dan faktor lingkungan relatif homogen sehingga

keragaman galat kecil perlakuan yang merupakan sumber keragaman yang kita ciptakan adalah satu – satunya sumber keragaman yang masuk dalam percobaan atau hanya ada satu faktor pengaruh yang diteliti.

Bentuk umum Rancangan Acak Lengkap (RAL) model Linier Aditif dari data hasil percobaan Y_{ij} dapat dinyatakan dengan model matematis sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{dengan} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, r \\ \text{iid} \\ \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \end{array}$$

Dimana :

- Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j
- μ = nilai rerata harapan (*mean*)
- τ_i = pengaruh faktor perlakuan ke-i
- ε_{ij} = pengaruh acak pada perlakuan ke-i ulangan ke- j

Model matematis tersebut memperlihatkan bahwa data Y_{ij} merupakan nilai – nilai rata-rata (μ) yang bervariasi sebagai akibat adanya pengaruh perlakuan (τ_i) dan galat (ε_{ij}) akibat adanya ulangan.

Asumsi untuk model acak ialah : $\tau_i \sim N(\theta, \sigma_r^2)$ ^{iid}

Model Acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan dan kesimpulan yang diperoleh berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan.

3.8.1 Penyajian Data Rancangan Acak Lengkap

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap karakteristik termal yaitu dengan faktor perlakuan variasi suhu pirolisis 200°C, 300°C, 400°C rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap

dengan 3 kali ulangan (n) untuk menyajikan data sampel dapat kita buat tabel Rancangan Acak Lengkap satu faktor yang terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Data sampel untuk desain Rancangan Acak Lengkap satu faktor

Perlakuan (p)	Ulangan (n)				Jumlah (TA)	Rataan perlakuan (\bar{y}_A)
	1	2	j....	N		
0	Y 1.0	Y 2.0	Y j.0	Y n.0	TA 0	
1	Y 1.1	Y 2.1	Y j.1	Y n.1	TA 1	
2	Y 1.2	Y 2.2	Y j.2	Y n.2	TA 2	
...	
...	
i	Y 1.i	Y 2.i	Y j.i	Y n.i	TA i	
p	Y 1.p	Y 2.p	Y j.p	Y n.p	TA p	
Jumlah (TY)					$Y_{p.n}$	(\bar{y}^p_n)

Keterangan:

Y_{ji} = Hasil observasi pada ulangan ke- j dan pada perlakuan ke- i

$Y_{p.n}$ = total umum

3.8.2 Metode Sidik Ragam

Pada Rancangan acak lengkap ada dua sumber keragaman yaitu sumber keragaman perlakuan dan sumber keragaman galat. Besar nilai kedua komponen sumber keragaman inilah yang menentukan perbedaan antar perlakuan. Dalam penelitian ini menggunakan Metode Sidik Ragam ulangan sama yaitu bila jumlah perlakuan sama (p) dan setiap perlakuan diulang (n) kali level maka, dapat dibuat

tabel hasil pengamatan dengan pola Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disajikan dalam tabel 3.2 yaitu tabel ANOVA sebagai berikut.

Tabel 3.2 Tabel ANOVA

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (DB)	Jumlah kwadrat (JK)	Kwadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel (5%)
Perlakuan (p) Galat	$DB_1 = p - 1$ $DB_2 = p (n-1)$	JKP $JKG = JKT - JKP$	JKP / DB_1 JKG / DB_2	$(KTP)/(KT G)$	$F (DB_1, DB_2)$
Total	$(p.n - 1)$				

Dimana :

$\sum Y_p^2$: Jumlah hasil perlakuan = $(TA0^2 + TA1^2 + TA2^2 + \dots + TAi^2 + TAp^2)$

$\sum Y_{p.n}$: Total umum

Y_{ij} : Hasil observasi pada perlakuan yang ke- i dan ulangan ke- j

$(i = 1, 2, 3, \dots, p \text{ dan } j = 1, 2, 3, \dots, n)$

Y_i : Total hasil perlakuan ke- i = $\sum Y_{ij}$

KTP : Kuadrat Tengah Perlakuan = JKP / DB_1

KTG : Kuadrat Tengah Galat = JKG / DB_2

F hitung : Hasil perhitungan uji F

F tabel : Nilai uji F pada tabel

Perhitungan ANOVA Rancangan Acak Lengkap (RAL) :

FK (JKNT) : Faktor Koreksi (Jumlah Kuadrat Nilai Tengah) = $(\sum Y_{p.n}^2 / p.n)$

JKT : Jumlah Kuadrat Tengah = $(\sum Y_{ij}^2) - FK$

JKP : Jumlah Kuadrat Perlakuan = $(\sum Y_p^2) / n - FK$

JKG : Jumlah Kuadrat Galat = $JKT - JKP$

3.9 Pengambilan Data Pengujian

Pengambilan data nilai kalor, kadar air, waktu penyalaan, dan waktu pembakaran briket arang serbuk gergaji kayu sengon seperti ditunjukkan pada Tabel 3.3, Tabel 3.4, Tabel 3.5, Tabel 3.6.

Tabel 3.3 Pengambilan Data Nilai Kalor

Temperatur	Massa Sample (gr)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Selisih Suhu (°C)	Sisa Kawat (cm)	Nilai Kalor (kal/gr)
200°C						
300°C						
400°C						

Tabel 3.4 Pengambilan Data Kadar Air

Temperatur	Berat Sebelum Dikeringkan (gr)	Berat Sesudah Dikeringkan (gr)	Kadar Air (%)
200°C			
300°C			
400°C			

Tabel 3.5 Pengamatan Waktu Penyalaan

Temperatur	Massa Sample (gr)	Waktu (s)
200°C		
300°C		
400°C		

Tabel 3.6 Pengamatan Waktu Pembakaran

Temperatur	Massa Sample (gr)	Waktu (s)
200°C		
300°C		
400°C		

3.10 Analisis Data

Data hasil pengujian yang diperoleh dari uji karakteristik termal briket akan dibuat dalam bentuk grafik dan dilakukan analisis. Grafik uji karakteristik termal briket terhadap komposisi briket ditampilkan menggunakan program Microsoft Office Excel 2007 dan diuji signifikansi dengan menggunakan *Statistic Analysis of Variance* (ANOVA) dengan menggunakan *software* SPSS 16.0. Adapun tahapan dalam analisa uji ANOVA yaitu :

1. Menentukan hipotesa

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

a. Uji Nilai Kalor

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

b. Uji Kadar Air

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

c. Uji Waktu Penyalaan

H_0 (hipotesa awal) yaitu tidak terdapat pengaruh rata-rata waktu penyalaan dari setiap perlakuan komposisi briket; H_1 (hipotesa alternatif) yaitu terdapat pengaruh rata-rata waktu penyalaan dari setiap perlakuan komposisi briket.

d. Uji Waktu Pembakaran

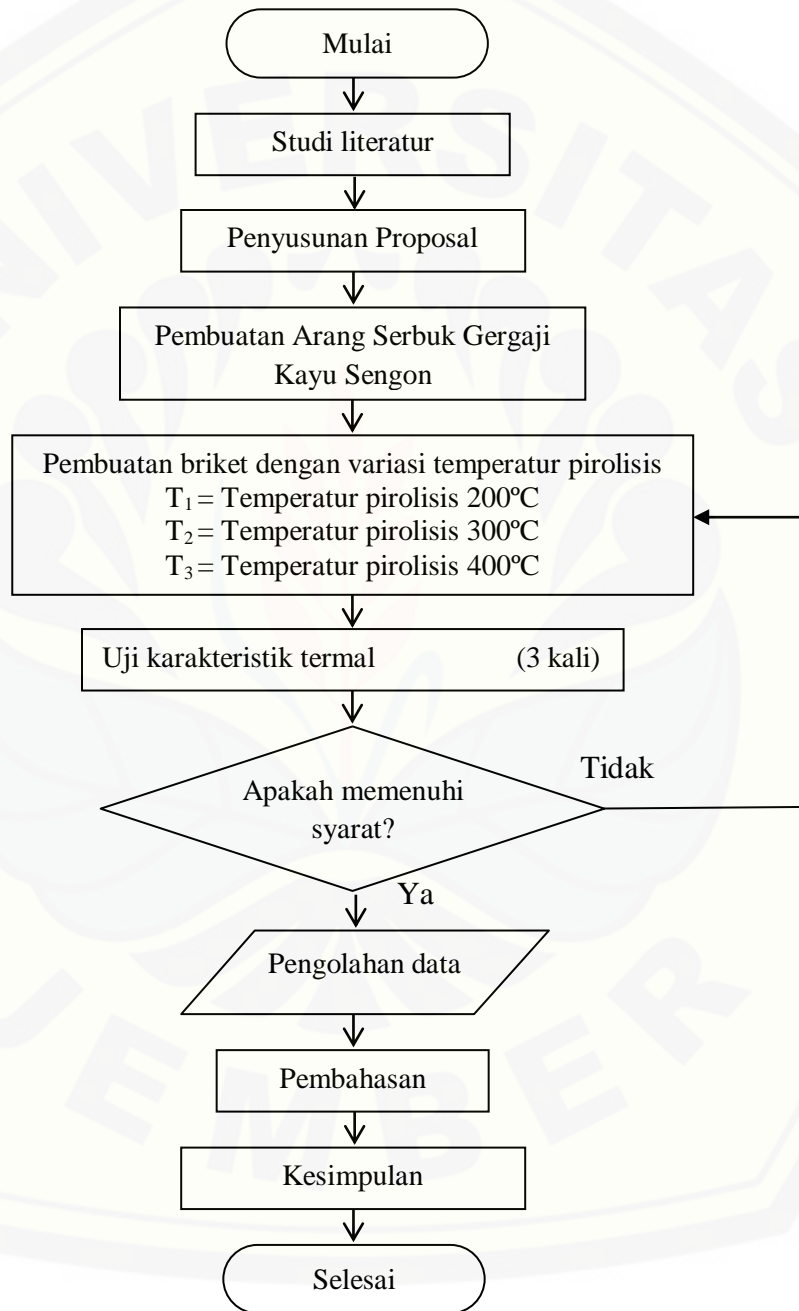
H_0 (hipotesa awal) yaitu tidak terdapat pengaruh rata-rata waktu pembakaran dari setiap perlakuan komposisi briket; H_1 (hipotesa alternatif) yaitu terdapat pengaruh rata-rata waktu pembakaran dari setiap perlakuan komposisi briket.

2. Menentukan tingkat signifikansi (α) yaitu sebesar 5% atau 0,05.

3. Menentukan F_{tabel} (5.14) yang diperoleh dari tabel statistik F dengan cara melihat nilai α dan nilai derajat kebebasan (df).

4. Kriteria pengujian, jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ (5.14) atau $P (sig) < 0,05$ berarti H_0 ditolak, Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ (5.14) atau $P (sig) > 0,05$ berarti H_0 diterima.

3.11 Diagram Alir Penelitian

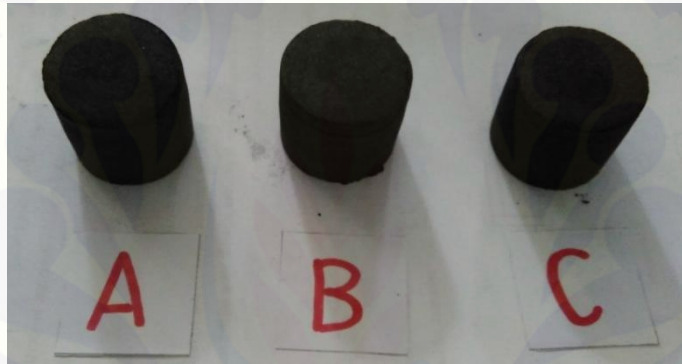


Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Briket

Briket dibuat dari arang serbuk gergaji kayu sengon yang memvariasikan temperatur pirolisis 200°C, 300°C, 400°C dengan komposisi 70% arang : 20% tapioka : 10% air dan tekanan pentakan 86.379 kg/cm². Dimensi briket berbentuk silinder dengan diameter 30 mm dan tinggi 28 mm seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1 (a) Briket temperatur pirolisis 200°C, (b) Briket temperatur pirolisis 300°C, (c) Briket temperatur pirolisis 400°C

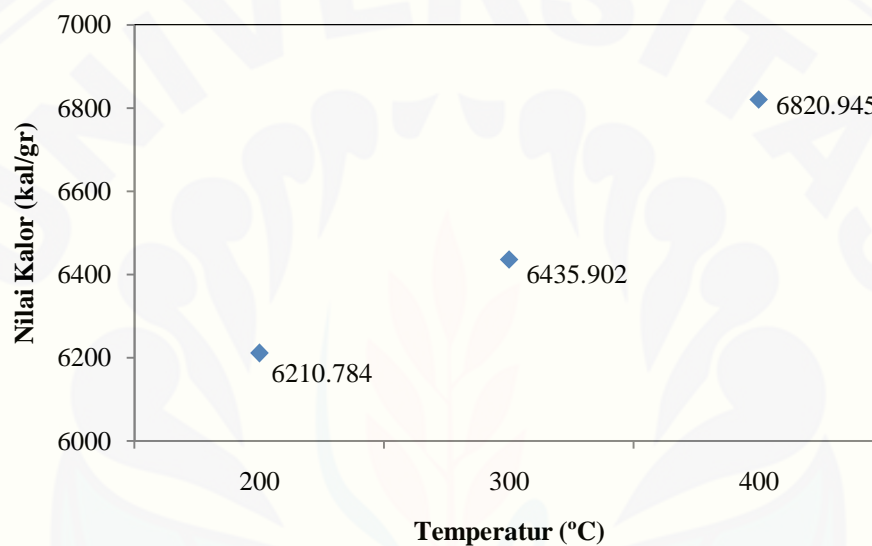
Penelitian ini melakukan pengujian karakteristik termal briket arang yang meliputi nilai kalor (*heating value*), kadar air (*moisture*), waktu penyalaan (*ignition time*), dan waktu pembakaran (*burning time*). Tabel 4.1 menyajikan nilai rata-rata hasil pengujian terhadap karakteristik termal briket arang serbuk kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis.

Tabel 4.1 Karakteristik termal briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis

Temperatur	Nilai Kalor (kal/gr)	Kadar Air (%)	Waktu penyalaan (s)	Waktu pembakaran (s)
200 (°C)	6210.784	3.822	15.17	3210.33
300 (°C)	6435.902	3.640	18.69	3703.33
400 (°C)	6820.945	3.209	23.11	4127.67

4.2 Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor menjadi salah satu parameter menentukan kualitas dari briket. Pengujian terhadap nilai kalor bertujuan untuk menghitung jumlah panas yang dihasilkan saat briket mengalami proses pembakaran. Grafik rata-rata hasil pengujian nilai kalor (*heating value*) dari briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik nilai kalor briket dengan variasi temperatur pirolisis

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik termal briket, pengaruh temperatur pirolisis terhadap nilai kalor, diperoleh pada briket dengan temperatur pirolisis 200°C dihasilkan rata-rata nilai kalor sebesar 6210.784 kal/gr, pada briket dengan temperatur pirolisis 300°C dihasilkan rata-rata nilai kalor sebesar 6435.902 kal/gr, pada briket dengan temperatur pirolisis 400°C dihasilkan rata-rata nilai kalor sebesar 6820.945 kal/gr. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai kalor tertinggi diperoleh pada temperatur pirolisis 400°C dengan rata-rata nilai kalor sebesar 6820.945 kal/gr. Sedangkan nilai kalor terendah diperoleh pada temperatur pirolisis 200°C dengan rata-rata nilai kalor sebesar 6210.784 kal/gr. Pengaruh peningkatan temperatur pirolisis terhadap kenaikan nilai kalor disebabkan karena terjadinya pembentukan dan

peningkatan kadar karbon serta semakin berkurangnya kadar air dan kandungan zat mudah menguap (*volatile matter*). Jika dibandingkan dengan briket serbuk gergaji kayu sengon tanpa pirolisis nilai kalor yang dihasilkan jauh lebih rendah hanya memiliki nilai kalor sebesar 4595.199 kal/gr. Hal ini diperkuat oleh Setiawan *et al.* (2012), semakin tinggi suhu pirolisis atau karbonisasi maka nilai kalor akan semakin meningkat juga. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin baik proses karbonisasi yang terjadi. Selain itu, semakin tinggi suhu maka akan semakin tinggi juga kadar karbon (*fixed carbon*) dalam arang sedangkan kadar air (*moisture*) dan kadar zat mudah menguap (*volatile matter*) akan semakin berkurang sehingga nilai kalor dari briket arang akan semakin meningkat.

Hasil nilai kalor briket arang pada penelitian ini berkisar antara 6210.784 - 6820.945 kal/gr. Apabila dibandingkan dengan standar nilai kalor briket buatan Jepang (6000-7000 kal/gr), Inggris (6500 kal/gr), Amerika (7000 kal/gr), dan Indonesia (5000 kal/gr) (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, dalam Trino, 2006). Maka nilai kalor briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis memenuhi syarat standar briket buatan Jepang, Inggris dan SNI 01-6235-2000 (min.5000 kal/gr).

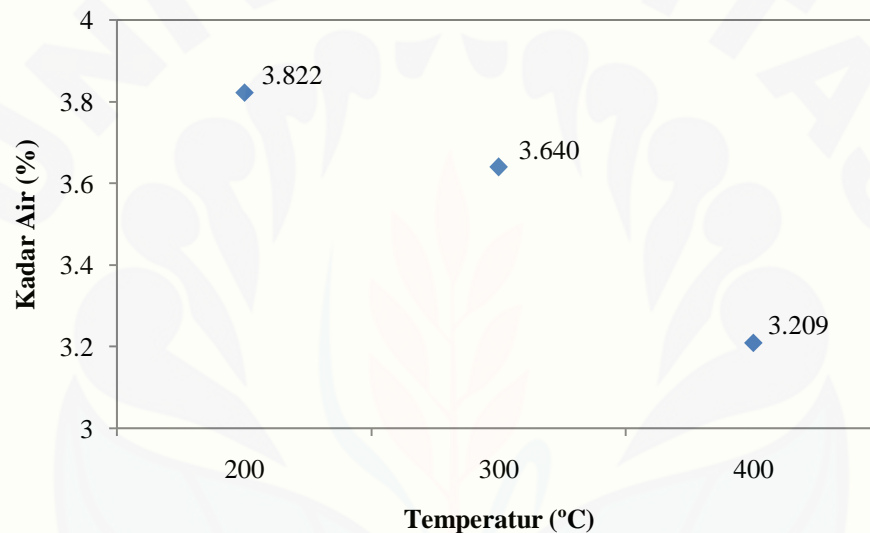
Tabel 4.2 Uji statistik ANOVA nilai kalor

Nilai Kalor	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	Sig.
Between Groups	571232.008	2	285616.004	157.575	0.000
Within Groups	10875.422	6	1812.57		
Total	582107.431	8			

Hasil analisis data didapatkan dengan menggunakan uji statistik *one-way* ANOVA melalui *software* SPSS. Pada tabel 4.2 terlihat bahwa masing-masing perlakuan variasi temperatur pirolisis briket memiliki pengaruh yang signifikan ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (157.575) > F_{tabel} (5.14)$ dan $P (sig) < 0.05$, yang berarti bahwa H_0 ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif (H_1) yaitu terdapat pengaruh rata-rata nilai kalor dari setiap variasi temperatur pirolisis.

4.3 Kadar Air (*Moisture*)

Pengujian terhadap kadar air (*moisture*) bertujuan untuk mengetahui perbandingan kandungan air yang terdapat pada briket arang sebelum dan setelah proses pengujian. Pengujian kadar air (*moisture*) briket arang dilakukan dengan 3 kali pengulangan untuk setiap perlakuan. Grafik rata-rata hasil pengujian kadar air (*moisture*) dari briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik kadar air briket dengan variasi temperatur pirolisis

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik termal briket dengan pengaruh temperatur pirolisis terhadap kadar air, diperoleh pada briket dengan temperatur pirolisis 200°C dihasilkan rata-rata kadar air 3.822%, pada briket dengan temperatur pirolisis 300°C dihasilkan rata-rata kadar air 3.640%, pada briket dengan temperatur pirolisis 400°C dihasilkan rata-rata kadar air 3.209%. Maka dapat disimpulkan bahwa kadar air tertinggi diperoleh pada temperatur pirolisis 200°C dengan kadar air rata-rata 3.822%. Sedangkan kadar air terendah diperoleh pada temperatur pirolisis 400°C dengan rata-rata kadar air 3.209%. Semakin besar temperatur pirolisis mengakibatkan penurunan kadar air dari briket arang. Pengaruh peningkatan temperatur pirolisis

terhadap penurunan kadar air disebabkan karena terjadinya proses penguapan kandungan air yang terdapat didalam serbuk gergaji kayu sengon. Kadar air memiliki hubungan langsung dengan nilai kalor, semakin tinggi kadar air dapat mengakibatkan penurunan dari nilai kalor. Hal ini disebabkan energi panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air dalam briket arang sebelum menghasilkan energi panas yang dapat digunakan sebagai energi panas pembakaran. Menurut Satmoko (2013), bahwa kadar air briket arang diharapkan serendah mungkin agar nilai kalor tinggi dan mudah dalam proses penyalaan.

Hasil kadar air briket arang pada penelitian ini berkisar antara 3.209% - 3.822%. Apabila dibandingkan dengan standar nilai kalor buatan Jepang (6% - 8%), Inggris (3.6%), Amerika (6.2%), dan Indonesia (8%) (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, dalam Trino, 2006). Maka kadar air briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis memenuhi syarat di bawah standar briket buatan Jepang, Inggris, Amerika dan SNI 01-6235-2000 (max. 8%).

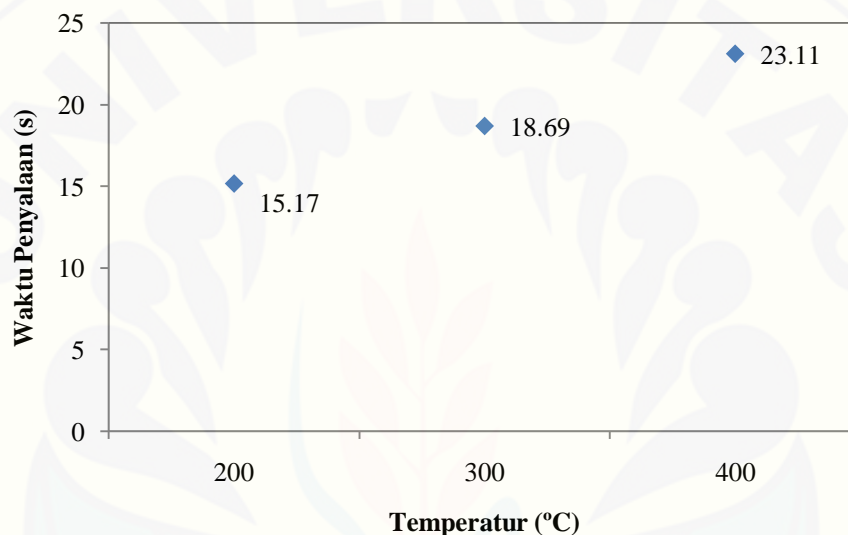
Tabel 4.3 Uji statistik ANOVA kadar air

Kadar Air	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	Sig.
Between Groups	0.595	2	0.297	35.798	0.000
Within Groups	0.050	6	0.008		
Total	0.645	8			

Hasil analisis data didapatkan dengan menggunakan uji statistik *one-way* ANOVA melalui *software* SPSS. Pada tabel 4.3 terlihat bahwa masing-masing perlakuan variasi temperatur pirolisis briket memiliki pengaruh yang signifikan ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (35.798) > F_{tabel} (5.14)$ dan $P (sig) < 0.05$, yang berarti bahwa H_0 ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif (H_1) yaitu terdapat pengaruh rata-rata kadar air dari setiap variasi temperatur pirolisis.

4.4 Waktu Penyalaan (*Ignition Time*)

Waktu penyalaan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan briket arang hingga muncul titik nyala api. Waktu penyalaan diharapkan secepat dan semudah mungkin dengan waktu pembakaran selama mungkin. Hasil rata-rata dari pengujian waktu penyalaan briket arang serbuk kayu sengon disajikan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik waktu penyalaan briket dengan variasi temperatur pirolisis

Berdasarkan pengujian waktu penyalaan pada briket dengan pengaruh temperatur pirolisis, diperoleh waktu penyalaan briket semakin lama seiring dengan semakin besar temperatur proses pirolisis. Pada temperatur pirolisis 200°C dihasilkan rata-rata waktu penyalaan 15.17 detik, pada temperatur pirolisis 300°C dihasilkan rata-rata waktu penyalaan 18.69 detik, pada temperatur pirolisis 400°C dihasilkan rata-rata waktu penyalaan 23.11 detik. Maka dari hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu penyalaan terlama diperoleh pada briket temperatur pirolisis 400°C dengan rata-rata waktu penyalaan 23.11 detik, sedangkan waktu penyalaan tercepat diperoleh pada briket temperatur pirolisis 200°C dengan rata-rata waktu penyalaan 15.17 detik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan

semakin lama waktu penyalaan. Hal ini dapat disebabkan karena telah berkurangnya kandungan zat mudah menguap (*volatile matter*) yang terdapat di dalam briket seiring semakin besar temperatur pada proses pirolisis. Semakin berkurangnya kandungan zat mudah menguap dapat memperlambat waktu penyalaan. Namun, mengurangi asap yang dihasilkan pada saat proses pembakaran. Menurut Satmoko (2013), semakin banyak kandungan *volatile matter* pada arang maka akan semakin mudah arang untuk terbakar dan laju pembakaran akan semakin cepat. Besarnya kandungan nilai *volatile matter* mempunyai hubungan yang terbalik dengan kadar karbon terikat. Semakin tinggi kadar kandungan nilai *volatile matter* dalam bahan baku maka kadar karbon terikat semakin rendah dan menurunkan nilai kalor. Menurut Jamilatun (2007), bahwa kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh struktur bahan, kandungan karbon terikat dan tingkat kekerasan dari briket arang.

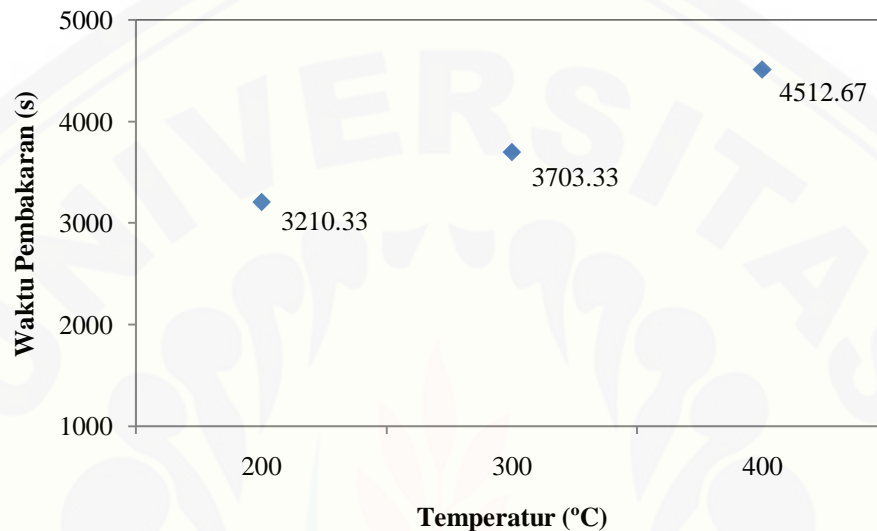
Tabel 4.4 Uji statistik ANOVA waktu penyalaan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	Sig.
Between Groups	94.9704	2	47.4852	7914.2	0.000
Within Groups	0.036	6	0.006		
Total	95.0064	8			

Hasil analisis data didapatkan dengan menggunakan uji statistik *one-way* ANOVA melalui *software* SPSS. Pada tabel 4.4 terlihat bahwa masing-masing perlakuan variasi temperatur pirolisis briket memiliki pengaruh yang signifikan ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (7914.2) > F_{tabel} (5.14)$ dan $P (sig) < 0.05$, yang berarti bahwa H_0 ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif H_1 yaitu terdapat pengaruh rata-rata waktu penyalaan dari setiap variasi temperatur pirolisis.

4.5 Waktu Pembakaran (*Burning Time*)

Waktu pembakaran merupakan waktu yang diperlukan briket arang pada saat terbakar hingga selesai proses pembakaran briket. Hasil rata-rata pengujian waktu penyalaan briket arang serbuk kayu sengon disajikan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik waktu pembakaran briket dengan variasi temperatur pirolisis

Berdasarkan pengujian waktu pembakaran pada briket dengan pengaruh temperatur pirolisis, diperoleh waktu pembakaran briket semakin lama seiring dengan semakin naik temperatur proses pirolisis. Pada temperatur pirolisis 200°C dihasilkan rata-rata waktu pembakaran 3210.33 detik, pada temperatur pirolisis 300°C dihasilkan rata-rata waktu pembakaran 3703.33 detik, pada temperatur pirolisis 400°C dihasilkan rata-rata waktu pembakaran 4512.67 detik. Maka dari hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu pembakaran terlama diperoleh pada briket temperatur pirolisis 400°C dengan rata-rata waktu pembakaran 4512.67 detik, sedangkan waktu pembakaran tercepat diperoleh pada briket temperatur pirolisis 200°C dengan rata-rata waktu pembakaran 3210.33 detik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin lama waktu pembakaran. Lamanya waktu pembakaran akan menandakan semakin besar nilai kalor yang terkandung didalam briket arang. Hal ini dapat disebabkan karena semakin bertambahnya kadar karbon

terikat (*fixed carbon*) dan menurunnya kandungan kadar air yang terdapat didalam briket seiring semakin besar temperatur pada proses pirolisis. Menurut Gandhi (2010), Semakin tinggi kadungan kadar karbon terikat pada arang maka nilai kalornya akan semakin tinggi.

Tabel 4.5 Uji statistik ANOVA waktu pembakaran

	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	Sig.
Between Groups	1264608.222	2	632304.111	40.506	0.000
Within Groups	93660	6	15610		
Total	1358268.222	8			

Hasil analisis data didapatkan dengan menggunakan uji statistik *one-way* ANOVA melalui *software* SPSS. Pada tabel 4.5 terlihat bahwa masing-masing perlakuan variasi temperatur pirolisis briket memiliki pengaruh yang signifikan ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} (40.506) > F_{tabel} (5.14)$ dan $P (sig) < 0.05$, yang berarti bahwa H_0 ditolak, atau diterimanya hipotesis alternatif H_1 yaitu terdapat pengaruh rata-rata waktu pembakaran dari setiap variasi temperatur pirolisis.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisa pengujian briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis 200°C, 300°C, 400°C didapat kesimpulan yaitu:

- 1) Semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin tinggi juga nilai kalornya, nilai kalor meningkat dari temperatur pirolisis 200°C sebesar 6210.784 kal/gr menjadi 6820.945 kal/gr pada temperatur pirolisis 400°C.
- 2) Semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin berkurangnya kadar air, kadar air menurun dari temperatur pirolisis 200°C sebesar 3.822% menjadi 3.209% pada temperatur pirolisis 400°C.
- 3) Semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam proses penyalaan (*ignition time*). Waktu penyalaan semakin lama dari temperatur pirolisis 200°C sebesar 15.17 detik menjadi 23.11 detik pada temperatur pirolisis 400°C.
- 4) Semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin lama waktu pembakaran (*burning time*). Waktu pembakaran semakin lama dari temperatur pirolisis 200°C sebesar 3210.33 detik menjadi 4127.67 detik pada temperatur pirolisis 400°C.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut agar dapat menghasilkan briket arang yang lebih baik yaitu perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai berbagai komposisi bahan, baik bahan baku pembuat briket maupun bahan perekat yang digunakan. Perlu dilakukan pengujian proximate kadar abu (*ash*), kadar karbon terikat (*fixed carbon*), dan kandungan zat mudah menguap (*volatile matter*). Perlu dilakukan juga pengujian emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S. 2007. *Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu untuk Pembuatan Briket Arang dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan di Nanggroe Aceh Darussalam*. [Tesis]. Pascasarjana. Universitas Sumatra Utara.
- David, K. C., Nyaanga, D. M., dan Githeko, J. M. 2013. Effect of Binder Types and Amount on Physical and Combustion Characteristics. *Int. J. Engg. Res. & Sci. & Tech.*, Vol.2 (1): 11-21.
- Hartanto, F. P., dan Alim, F. 2014. *Optimasi Kondisi Operasi Pirolisis Sekam Padi untuk Menghasilkan Bahan Bakar Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Hendra, D., dan Pari, G. 2000. *Penyempurnaan Teknologi Pengolahan Arang*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan Dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rakayasa Proses*, Vol.2 (2): 37-40.
- Kong, G. T. 2010. *Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan (Pengantar Solusi Pemanasan Global yang Ramah Lingkungan)*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M. dan Kanninen, M. 2011. *Paraserienthes Falcataria (L.) Nielsen: Ekologi, Silvikultur Dan Produktivitas*. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Lailunnazar, L., Wijayanti, W., dan Sasongko, M. N. 2008. *Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Kualitas Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya.
- Mursalim, W. A. 2004. *Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Sebagai Briket Arang*, Laporan penerapan Ipteks Lembaga Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Hasanuddin.

- Ndraha, N. 2009. *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan*. [Skripsi]. Medan. Departemen Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara.
- Nindita, D. 2012. *Sintesis Bioaspal dari Serbuk Gergaji Kayu Albasia dengan Metode Pirolisis*. [Skripsi]. Depok. Program Studi Ekstensi Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Ramadhan, P. A., dan Munawar, A. 2011. Pengolahan Sampah Plastik menjadi Minyak menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol.4 (1): 44-53.
- Rustini. 2004. *Pembuatan Briket Arang dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus dengan Penambahan Tempurung Kelapa*. [Skripsi]. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institute Pertanian Bogor.
- Saleh, A. 2013. Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka terhadap Nilai Kalor Pembakaran pada Briket Batang Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Teknosains*, Vol.7 (1):78-89.
- Saptoadi, H., Syamsiro, M., dan Tambunan, B. H. 2007. Pemanfaatan Limbah Biomassa Cangkang Kakao dan Kemiri Sebagai Bahan Bakar Briket. *J. Manusia dan Lingkungan*, Vol.14 (3): 127-136.
- Saptoadi, H. 2008. The Best Biobriquette Dimension and it's Partikel Size. *Asian J. Energy Environ.*, Vol.9, (3): 161-175.
- Satmoko, M. E. A. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon pada Tekanan Kompaksi 6000Psi*. [Skripsi]. Semarang. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Satmoko, M. E. A., Saputro, D. D., dan Budiyo, A. 2013. Karakteristik Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. *J. Mech. Eng. Learning*, Vol. 2 (1): 14-21.

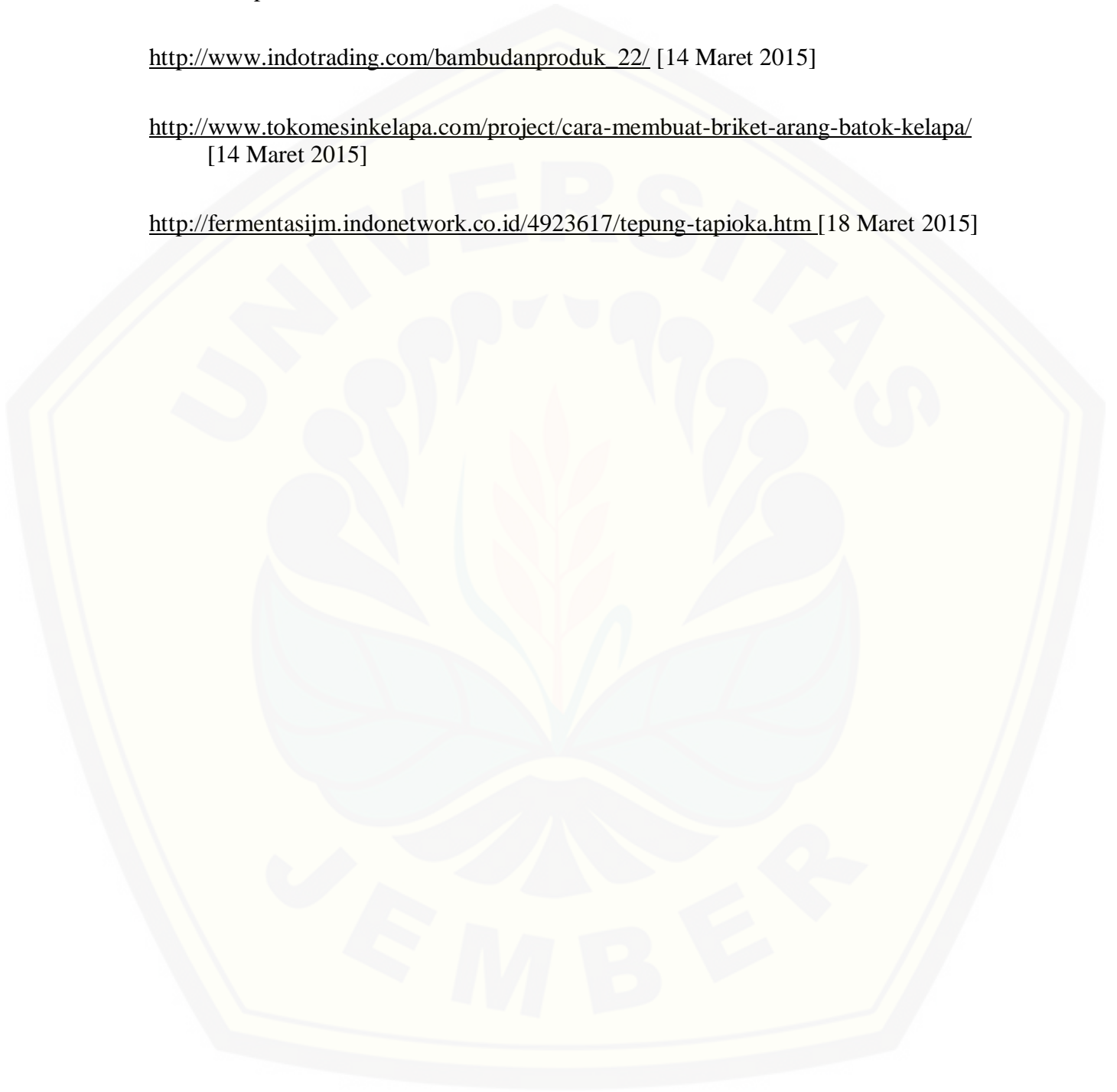
- Setiawan, A., Andrio, O., Coniwanti, P. 2012. Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kacang dan Serbuk Gergaji Terhadap Nilai Pembakaran. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.18 (2): 9-16.
- Subroto. 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu dan Jerami. *Jurnal Media Mesin*, Vol.7 (2): 47-54.
- Surono, U. B. 2010. Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol.4 (1): 13-18.
- Syafiq, A. 2009. *Uji Kualitas Fisik Dan Kinetik Reaksi Briket Kayu Kalimantan dengan dan Tanpa Pengikat*. [Skripsi]. Surakarta. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Triono, A. 2006. *Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (Maesopsis eminii Engl) dan Sengon (Paraserienthes falcataria L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L)*. [Skripsi]. Bogor. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Ubaidillah. 2014. *Karakteristik Pembakaran Briket Ampas Tebu dengan Variasi Temperatur Pirolisis*. [Skripsi]. Jember. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- Virgiawan, S. 2014. *Karakteristik Pembakaran Arang Ampas Tebu Akibat Ukuran Partikel Briket*. [Skripsi]. Jember. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- Wijayanti, D. S. 2009. *Karakteristik Briket Arang Dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. [Skripsi]. Medan. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara.
- Widarti, E. S., Sarwono., dan Hantoro, R. (2010). *Studi Eksperimental Karakteristik Briket Organik dengan Bahan Baku dari PPLH Seloliman*. Jurusan Teknik Fisika. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-smk/kelas_x/entalpi-dan-perubahan-entalpi/ [14 Maret 2015]

http://www.indotrading.com/bambudanproduk_22/ [14 Maret 2015]

<http://www.tokomesinkelapa.com/project/cara-membuat-briket-arang-batok-kelapa/>
[14 Maret 2015]

<http://fermentasijm.indonetwork.co.id/4923617/tepung-tapioka.htm> [18 Maret 2015]



LAMPIRAN A. TABEL

Tabel A.1 Data Pengujian Karakteristik Termal Briket Arang Serbuk Kayu Sengon

Temperatur	Pengulangan	Karakteristik Termal			
		Nilai Kalor (kal/gr)	Kadar Air (%)	Ignition Time (s)	Burning Time (s)
200°C	1	6194.529	3.830	15.12	3121
	2	6242.894	3.809	15.16	3245
	3	6194.929	3.827	15.23	3265
Rata-rata		6210.784	3.822	15.17	3210.33
300°C	1	6483.721	3.609	18.56	3685
	2	6387.99	3.696	18.73	3690
	3	6435.995	3.616	18.78	3735
Rata-rata		6435.902	3.640	18.69	3703.33
400°C	1	6869.744	3.299	23.07	4496
	2	6820.778	3.292	23.11	4505
	3	6772.312	3.036	23.15	4537
Rata-rata		6820.945	3.209	23.11	4512.67

Tabel A.2 Data Pengujian Kadar Air Briket Arang Serbuk Kayu Sengon

Temperatur	Pengulangan	m ₀ (gr)	m ₁ (gr)	Kadar Air (%)	Rata-rata Kadar Air (%)
200°C	1	9.40	9.04	3.830	3.822
	2	9.42	9.06	3.809	
	3	9.46	9.10	3.827	
300°C	1	9.56	9.22	3.609	3.640
	2	9.58	9.22	3.696	
	3	9.62	9.28	3.616	
400°C	1	9.70	9.38	3.299	3.209
	2	9.72	9.40	3.292	
	3	9.88	9.58	3.036	

Tabel A.3 Data Pengujian Waktu Penyalaan Briket Arang Serbuk Kayu Sengon

Temperatur	Pengulangan	Ignition Time (s)	Rata-rata Ignition Time (s)
200°C	1	15.12	15.17
	2	15.16	
	3	15.23	
300°C	1	18.56	18.69
	2	18.73	
	3	18.78	
400°C	1	23.07	23.11
	2	23.11	
	3	23.15	

Tabel A.4 Data Pengujian Waktu Pembakaran Briket Arang Serbuk Kayu Sengon

Temperatur	Pengulangan	Burning Time (s)	Rata-rata Burning Time (s)
200°C	1	3121	3210.33
	2	3245	
	3	3265	
300°C	1	3685	3703.33
	2	3690	
	3	3735	
400°C	1	4496	4512.67
	2	4505	
	3	4537	

Tabel A.5 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Nilai Kalor

Descriptives

Temperatur	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
200	3	6210.784	27.81	16.06	6141.70	6279.86	6194.53	6242.89
300	3	6435.902	47.87	27.64	6316.99	6554.81	6387.99	6483.72
400	3	6820.945	48.72	28.13	6699.93	6941.96	6772.31	6869.74
Total	9	6489.210	269.75	89.92	6281.86	6696.56	6194.53	6869.74

Uji statistik ANOVA

Nilai Kalor	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	F-tabel (5%)	Signifikan
Between Groups	571232.008	2	285616.004	157.575	5.14	0.000
Within Groups	10875.422	6	1812.57			
Total	582107.431	8				

Tabel A.6 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Kadar Air

Descriptives

Temperatur	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
200	3	3.822	0.01	0.01	3.79	3.85	3.81	3.83
300	3	3.640	0.05	0.03	3.52	3.76	3.61	3.70
400	3	3.209	0.15	0.09	2.84	3.58	3.04	3.30
Total	9	3.557	0.28	0.09	3.34	3.78	3.04	3.83

Uji statistik ANOVA

Kadar Air	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	F-tabel (5%)	Signifikan
Between Groups	0.595	2	0.297	35.798	5.14	0.000
Within Groups	0.050	6	0.008			
Total	0.645	8				

Tabel A.7 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Ignition Time

Descriptives

Temperatur	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
200	3	15.17	0.056	0.032	15.032	15.308	15.120	15.230
300	3	18.69	0.115	0.067	18.404	18.976	18.560	18.780
400	3	23.11	0.040	0.023	23.011	23.209	23.070	23.150
Total	9	18.99	3.446	1.149	16.341	21.639	15.120	23.150

Uji statistik ANOVA

Ignition Time	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	F-tabel (5%)	Signifikan
Between Groups	94.9704	2	47.4852	7914.2	5.14	0.000
Within Groups	0.036	6	0.006			
Total	95.0064	8				

Tabel A.8 Analisa Statistik *One-Way* ANOVA Burning Time

Descriptives

Temperatur	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
200	3	3210.33	78.01	45.04	3016.55	3404.12	3121	3265
300	3	3703.33	27.54	15.90	3634.93	3771.74	3685	3735
400	3	4127.67	199.97	115.45	3630.92	4624.41	3940	4338
Total	9	3680.44	412.05	137.35	3363.72	3997.17	3121	4338

Uji statistik ANOVA

Burning Time	Sum of Squares	df	Mean Square	F-hit	F-tabel (5%)	Signifikan
Between Groups	1264608.222	2	632304.111	40.506	5.14	0.000
Within Groups	93660	6	15610			
Total	1358268.222	8				

LAMPIRAN B. PERHITUNGAN

Contoh perhitungan karakteristik briket arang serbuk kayu sengon sebagai berikut:

B.1 Perhitungan Nilai Kalor

Pengujian ke-1 briket arang serbuk gergaji kayu sengon temperatur pirolisis 200°C:

Diketahui	: Massa bahan uji	= 1 gr
	Standart Benzoit (EE)	= 2455.6142 kal/gr
	Sisa abu (acid)	= 10 kal/gr
	Suhu awal (T ₀)	= 28.06°C
	Suhu akhir (T ₁)	= 30.59°C
	Selisih suhu (ΔT)	= 28.06°C - 30.59°C = 2.53°C
	Kawat yang terbakar (<i>fulse</i>)	= 10-1.8 = 8.2 = 8.2 kal

Ditanya : Nilai kalor (*Highest Heating Value*)...?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \text{HHV} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{Massa Bahan}} \\
 &= \frac{(2455.6142 \text{ kal/gr} \times 2.53^\circ\text{C}) - (10) - (8.2)}{1} \\
 &= 6194.529 \text{ kal/gr}
 \end{aligned}$$

B.2 Perhitungan Kadar Air

Pengujian ke-1 briket arang serbuk gergaji kayu sengon temperatur pirolisis 200°C:

Diketahui	: m ₀ = 9.40 gr
	m ₁ = 9.04 gr

Ditanya : Kadar air?

Jawab :

$$\text{Kadar Air} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{9.40 - 9.04}{9.40} \times 100\% \\ &= 3.830\%\end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Tekanan Briket

Diameter (d) dan Jari-jari (r)

Piston $d = 22.50\text{mm}$

$$r = 11.25 \text{ mm}$$

Dies $d = 29.65 \text{ mm}$

$$r = 14.825 \text{ mm}$$

Luas Penampang (A)

$$\begin{aligned}\text{Piston} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3.14 \times (11.25)^2 \\ &= 397.406 \text{ mm}^2 \\ &= 3.97406 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dies} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3.14 \times (14.825)^2 \\ &= 690.111 \text{ mm}^2 \\ &= 6.90111 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Gaya pada Dongkrak (F)

Tekanan dongkrak (P) = 150 kg/cm²

$$F = P \cdot A = 150 \text{ kg/cm}^2 \times 3.97406 \text{ cm}^2 = 596.109 \text{ kg}$$

Tekanan Pembriketan (P)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{596.109}{6.90111} = 86.379 \text{ kg/cm}^2$$

B.4 Perhitungan Statistik

p*n	1	2	3	Total
200°C	6194.529	6242.894	6194.929	18632.352
300°C	6483.721	6387.99	6435.995	19307.706
400°C	6869.744	6820.778	6772.312	20462.834
Jumlah	19547.994	19451.662	19403.236	58402.892

Derajat Bebas (DB)

$$DB_1 = p - 1$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

$$DB_2 = p (n - 1)$$

$$= 3 (3 - 1)$$

$$= 6$$

$$\text{Total} = p.n - 1$$

$$= 3.3 - 1$$

$$= 8$$

Faktor Koreksi (FK)

$$FK = (\sum Y_{p.n}^2 / p.n)$$

$$= 58402.892^2 / 3.3$$

$$= 378988643.8$$

Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = (\sum Y_p^2) / n - FK$$

$$= (18632.352^2 + 19307.706^2 + 20462.834^2) / 3 - 378988643.8$$

$$= 571232.008$$

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= (\sum Y_{ij}^2) - \text{FK} \\ &= (6194.529^2 + 6483.721^2 + 6869.744^2 + 6242.894^2 + 6387.99^2 + 6820.778^2 + \\ &\quad 6194.929^2 + 6435.995^2 + 6772.312^2) - 378988643.8 \\ &= 582107.431 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 582107.431 - 571232.008 \\ &= 10875.422 \end{aligned}$$

Kuadrat Tengah (KT)

Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP} / \text{DB}_1 \\ &= 571232.008 / 2 \\ &= 285616.004 \end{aligned}$$

Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \text{JKG} / \text{DB}_2 \\ &= 10875.422 / 2 \\ &= 1812.570 \end{aligned}$$

Frekuensi Hitung (F-hit)

$$\begin{aligned} \text{F-hit} &= \text{KTP} / \text{KTG} \\ &= 285616.004 / 1812.570 \\ &= 157.575 \end{aligned}$$

LAMPIRAN C. BUKTI PENELITIAN



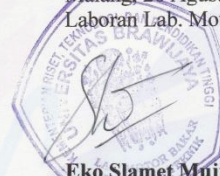
KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
LABORATORIUM MOTOR BAKAR
Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222
Cel_mesinUB@yahoo.co.id



DATA HASIL PENGUJIAN :

No	Bahan / Kode (°C)	Nilai Kalor (Calori / Gram)
1	200	6194.529
2	200	6242.894
3	200	6194.929
4	300	6483.721
5	300	6387.990
6	300	6435.955
7	400	6869.744
8	400	6820.778
9	400	6772.312

Malang, 26 Agustus 2015
Laboran Lab. Motor Bakar



Eko Slamet Mujivanto
NIK. 810228 06 2 1 0175

LAMPIRAN D. FOTO PENELITIAN



Gambar D.1 briket arang serbuk kayu sengon 200°C



Gambar D.2 briket arang serbuk kayu sengon 300°C



Gambar D.3 briket arang serbuk kayu sengon 400°C



Gambar D.4 Pengambilan limbah serbuk kayu sengon



Gambar D.5 Pembersian dari kotoran dan penjemuran limbah serbuk gergaji kayu sengon



Gambar D.6 Proses pirolisis serbuk gergaji kayu sengon



Gambar D.7 Proses pengayakan arang serbuk gergaji kayu sengon



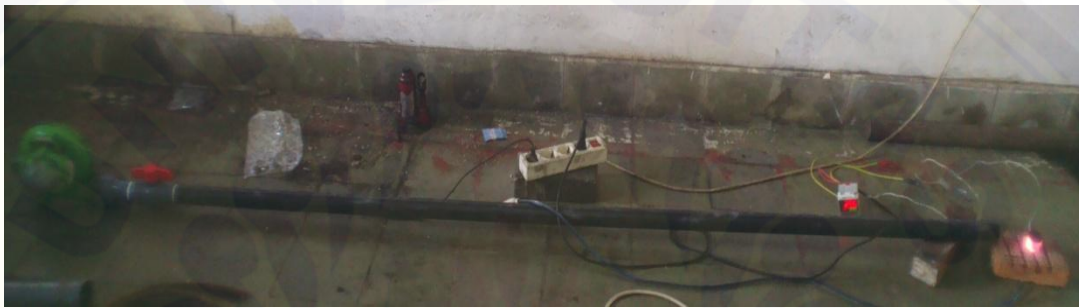
Gambar D.8 Proses pencetakan briket arang serbuk gergaji kayu sengon



Gambar D.9 Pengujian Bom Kalorimeter



Gambar D.10 Pengujian Kadar Air



Gambar D.11 Prototipe alat pengujian pembakaran



Gambar D.12 Pengujian waktu penyalaan dan waktu pembakaran briket