



**KARAKTERISTIK THERMAL BRIKET ARANG LIMBAH
SERBUK KAYU SENGON DENGAN VARIASI TEKANAN**

SKRIPSI

Oleh:

**Moch. Yunus
111910101006**

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



**KARAKTERISTIK THERMAL BRIKET ARANG LIMBAH
SERBUK KAYU SENGON DENGAN VARIASI TEKANAN**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Moch. Yunus
111910101006**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahku Nurwahid dan Ibuku Nanik Suciati tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati;
2. Kakekku Sudarmono Misnadjar dan Nenekku Maryam tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati;
3. Adikku Rizal Okta Arifudin yang selalu memberikanku semangat lewat senyumnya;
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang kalian berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk kalian serta menjadi amalan penolong kalian kelak;
5. Saudaraku Teknik Mesin '11 Universitas Jember, M. Dahlaz Dzuhro, Bangkit Nurul Akmal, Febrian Rhama Putra, Farihen, Ahmad Mahfud, Saddam Husein, M. Agung Fauzi, Muhammad Mukri, Arief Hidayatullah, Shofiyan Lesmana Anton Cahyono, Muslih Muhammad Asa, Imron Rosyadi Octora Rosyadi, Achmad Alifiyan Sobirin, M. Syaifudin Ihsan, Angga Rahmanto, Pemi Juni Setiawan, Luki Agung Prayitno, Irsyadul Absor, M. Arif Ramdhoni, Mei Novan Dani Setyopambudi, Ahmad Sofyan Hadi, Mar'iy Muslih Muttaqin, Muhammad Asrofi, Faisal Karamy, Yohanes Kristian, Ahmad Amril Nurman, Adam Malik, Setyo Pambudi, Muhammad Kahlil Gibran, Dwi sujatmiko, Sigit Jatmiko, Rizki Erizal, Febri Anggih Setiawan, Nurudin Hamid, Wildan Gobez, Wildan Didi, Hegar, Dimas Triadi, Annas Widadyawan Firdaus, Jupri, Niko Putra Karuniawan, Agung Widodo, Arisyabana, Lutfi Hilman, Naufal Firas, Dani Bachtiar, Anugrah V Ilannuri, Aunur Rofik, Agus Widiyanto, M. Mirza Rosid

Sudrajat, Tito Diaz, Itok Denis, Hendri, Hanif Rahmat, Hanif Hermawan, Muhammad Abduh, Hafid, Yulius, Erda, Saiful Rizal, Adi, Wildan, Aryo Kristian, Yurike Elok Purwanti, Aisyatul Khoiriyah, Novia Dwi Triana, Kiki Ermawati, Ikawati, Upit Fitria, dan lain-lain, yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surganya kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian;

6. Saudaraku kos Moersid Eko Pradana, Angger Panji Irwana, Rizal Setya Budi, Hadi Sasmito, Lukman, Halim, Chandra, Amir, Depri, Dika, Hanif, Rijal, rachell Nurman, dan lain-lain, yang sudah mau berbagi keluh kesah, senang, canda tawa bersama;
7. Ibu Moersid sekeluarga yang sudah menerima segala kekuranganku selama hidup di lingkungan kos Moersid;
8. Seluruh civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.

MOTTO

“sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(terjemahan surat Alam Nasyrah ayat 6-8)^{*)}

“dan jangan kamu berputus asa dari rahmat ALLAH. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat ALLAH, melainkan kaum yang kafir.”

(terjemahan surat Yusuf ayat 87)^{*)}

“niscaya ALLAH akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(terjemahan surat Al-Mujaadilah ayat 11)^{*)}

“Tidak ada balasan kebaikan kecuali kebaikan (pula). Maka ni'mat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(terjemahan surat Ar-Rahmaan ayat 60-61)^{*)}

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Moch. Yunus

NIM : 111910101006

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “KARAKTERISTIK THERMAL BRIKET ARANG LIMBAH SERBUK KAYU SENGON DENGAN VARIASI TEKANAN” 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,

(Moch. Yunus)

NIM 111910101006

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK THERMAL BRIKET ARANG LIMBAH
SERBUK KAYU SENGON DENGAN VARIASI TEKANAN**

Oleh
Moch. Yunus
NIM 111910101006

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Thermal Briket Arang Limbah Serbuk Kayu Sengon Dengan Variasi Tekanan” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 30 September 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

Anggota I,

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Sekretaris,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.
NIP 19650120 200112 1 001

Anggota II,

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP 19700228 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widiono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Karakteristik Thermal Briket Arang Limbah Serbuk Kayu Sengon Dengan Variasi Tekanan ; Moch. Yunus, 111910101006; 2015; 58 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Briket merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari limbah organik dan dicampur dengan bahan lain serta dicetak pada tekanan tertentu untuk didapatkan bentuk dan karakteristik yang diinginkan.

Penelitian ini difokuskan tentang pengaruh variasi tekanan terhadap nilai kalor, kadar abu, dan kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon. Variasi tekanan yang digunakan yaitu $57,586 \text{ kg/cm}^2$, $86,379 \text{ kg/cm}^2$, dan $115,172 \text{ kg/cm}^2$.

Pembuatan briket dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, dan untuk 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.

Dari hasil penelitian diperoleh rata-rata nilai kalor tertinggi sebesar 6612,428 kalori/gram pada briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan $115,172 \text{ kg/cm}^2$, rata-rata kadar abu terendah sebesar 4,67 % pada briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan $115,172 \text{ kg/cm}^2$, dan rata-rata kadar air terendah sebesar 10,1 % pada briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan $115,172 \text{ kg/cm}^2$.

SUMMARY

Thermal Characteristics Of Briquettes Of Sengon Wood Charcoal Powder Waste With Pressure Variation; Moch. Yunus, 111910101006; 58 Pages; *Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.*

Briquette is a solid fuel made from organic waste and mixed with other materials and formed at a certain pressure to obtain the desired shape and characteristics.

This experiment focused about the influence of pressure variations on the calorific value, ash content, and moisture content of briquettes of sengon wood charcoal powder waste. The variation of pressure used is 57,586 kg/cm², 86,379 kg/cm², dan 115,172 kg/cm².

Briquetting conducted at Energy Conversion Laboratory Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember, and for research conducted at the Laboratory of Energy Conversion Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember and in the Laboratory of Motor Fuel Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya.

The results were obtained an average of the highest calorific value of 6612,428 calories/gram on briquettes of sengon wood charcoal powder waste with variations in pressure of 115,172 kg/cm², average of the lowest ash content of 4,67 % on briquettes of sengon wood charcoal powder waste with variations in pressure of 115,172 kg/cm², and the average of the lowest moistures content of 10,1 % on briquettes of sengon wood charcoal powder waste with variations in pressure of 115,172 kg/cm².

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Karakteristik Thermal Briket Arang Limbah Serbuk Kayu Sengon Dengan Variasi Tekanan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ayahku Nurwahid dan Ibuku Nanik Suciati tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati.
3. Kakekku Sudarmono Misnadar dan Nenekku Maryam tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati.
4. Adikku Rizal Okta Arifudin yang selalu memberikanku semangat lewat senyumnya.
5. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;

7. Bapak-bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
8. Saudaraku Teknik Mesin '11 Universitas Jember, M. Dahlaz Dzuhro, Bangkit Nurul Akmal, Febrian Rhama Putra, Farihen, Ahmad Mahfud, Saddam Husein, M. Agung Fauzi, Muhammad Mukri, Arief Hidayatullah, Ahmad Shofiyan Lesmana, Anton Cahyono, Muslih Muhammad Asa, Imron Rosyadi Octora Rosyadi, Achmad Alifiyan Sobirin, M. Syaifudin Ihsan, Angga Rahmanto, Pemi Juni Setiawan, Luki Agung Prayitno, Irsyadul Absor, M. Arif Ramdhoni, Meinovan Dani Setyopambudi, Ahmad Sofyan Hadi, Mar'iy Muslih Muttaqin, Muhammad Asrofi, Faisal Karamy, Yohanes Kristian, Ahmad Amril Nurman, Adam Malik, Setyo Pambudi, Muhammad Kahlil Gibran, Dwi Wahyu Sujatmiko, Sigit Jatmiko, Rizki Erizal, Febri Anggih Setiawan, Nurudin Hamid, Wildan Gobezi, Wildan Mukholadun, Hegar, Dimas Triadi, Annas Widadyawan Firdaus, Jupri, Niko Putra Karuniawan, Agung Widodo, Arisyabana, Lutfi Hilman, Naufal Firas, Dani Bachtiar, Anugrah V Ilannuri, Aunur Rofik, Agus Widiyanto, M. Mirza Rosid Sudrajat, Tito Diaz, Itok Denis, Hendri, Arif Rahmat, Hanif Hermawan, Muhammad Abduh, Hafid, Yulius, Erda, Zainal Arifin, Saiful Rizal, Adi Febrianto, Wildan Khadziq, Aryo Kristian, Yurike Elok Purwanti, Aisyatul Khoiriyah, Novia Dwi Triana, Kiki Ermawati, Ikawati, Upit Fitria, dan lain-lain, yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surga-Nya kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian. Semoga kalian senantiasa mendapatkan perlindungan dan barokah-Nya.
9. Saudaraku kos Moersid Eko Pradana, Angger Panji Irwana, Rizal Setya Budi, Hadi Sasmito, Lukman, Halim, Chandra, Amir, Depri, Dika, Hanif, Rijal, rachell Nurman, dan lain-lain, yang sudah mau berbagi keluh kesah, senang, canda tawa bersama.

10. Ibu Moersid sekeluarga yang sudah menerima segala kekuranganku selama hidup di lingkungan kos Moersid.
11. Seluruh civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.
12. 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

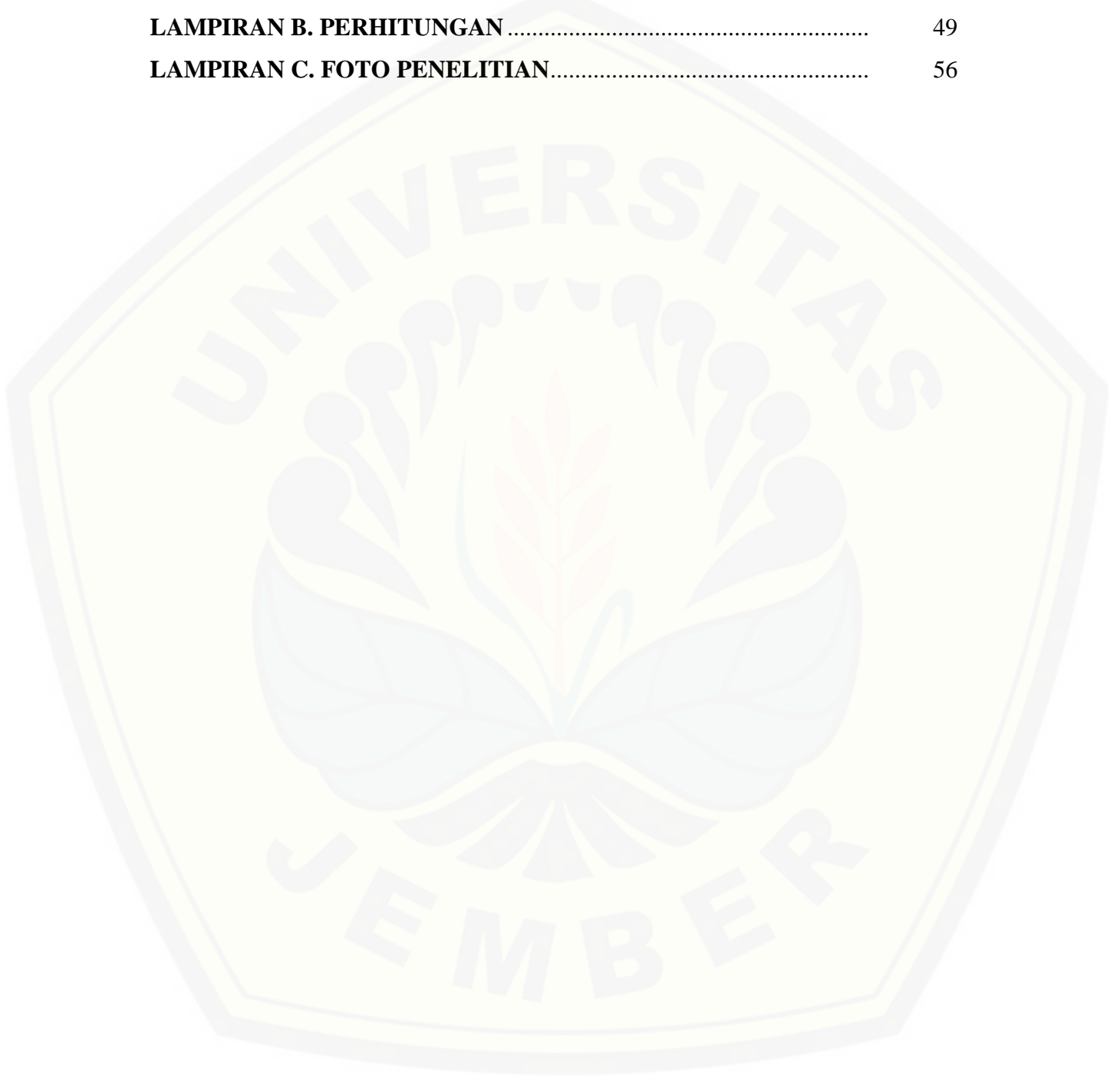
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat.....	4
1.4 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biomassa	5
2.1.1 Potensi biomassa di Indonesia.....	6
2.1.2 Serbuk gergajian kayu sengon.....	8
2.2 Briket	9
2.3 Karbonisasi	13

2.4 Tepung Tapioka.....	14
2.5 Karakteristik Termal Briket	16
2.5.1 Nilai Kalor (<i>Heating Value</i>).....	16
2.5.2 Kadar Abu (<i>Ash</i>).....	18
2.5.3 Kadar Air (<i>Moisture</i>).....	19
2.6 Hipotesa.....	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Metode Penelitian	20
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3.1 Alat	20
3.3.2 Bahan.....	21
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Pembuatan Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon.....	21
3.4.2 Tahapan Pembuatan Briket Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon	22
3.4.3 Tahapan Penelitian	22
3.5 Analisis Data	25
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil penelitian	27
4.1.1 Data pengamatan dimensi briket arang limbah serbuk kayu Sengon	27
4.1.2 Pengujian nilai kalor.....	29
4.1.3 Pengujian kadar abu	33
4.1.4 Pengujian kadar air.....	36
BAB 5. PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	41

DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN A. TABEL DATA	45
LAMPIRAN B. PERHITUNGAN	49
LAMPIRAN C. FOTO PENELITIAN.....	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Briket bentuk bantal (<i>oval</i>).....	10
Gambar 2.2 Briket bentuk sarang tawon (<i>honey comb</i>).....	11
Gambar 2.3 Briket bentuk silinder (<i>cylinder</i>)	11
Gambar 2.4 Briket bentuk telur (<i>egg</i>)	11
Gambar 2.5 Arang kayu	14
Gambar 2.6 Tepung tapioka.....	16
Gambar 2.7 Bom kalorimeter.....	17
Gambar 4.1 Briket dengan variasi tekanan 200 kg/cm ² , briket dengan variasi tekanan 150 kg/cm ² , briket dengan variasi tekanan 100 kg/cm ²	28
Gambar 4.2 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap volume briket arang limbah serbuk kayu sengon.....	29
Gambar 4.3 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon.....	31
Gambar 4.4 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon.....	34
Gambar 4.5 Pengujian kadar abu briket A, briket B, dan briket C	36
Gambar 4.6 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Potensi energi biomassa di Indonesia	6
Tabel 2.2 Sumber energi baru dan terbarukan d Indonesia.....	6
Tabel 2.3 Standar kualitas briket buatan Jepang, Amerika, Inggris, dan Indonesia.....	9
Tabel 2.4 Daftar analisa bahan perekat tepung pati	13
Tabel 3.1 Keterangan nama sampel	21
Tabel 4.1 Dimensi briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan.....	27
Tabel 4.2 Hasil pengujian nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan.....	30
Tabel 4.3 Data nilai kalor arang kayu dan batubara.....	32
Tabel 4.4 Hasil pengujian kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan.....	34
Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. TABEL DATA	45
Tabel A.1 Data hasil pengamatan dimensi briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan	45
Tabel A.2 Data hasil pengujian nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan	46
Tabel A.3 Data hasil pengujian kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan	47
Tabel A.4 Data hasil pengujian kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan	47
LAMPIRAN B. PERHITUNGAN	49
LAMPIRAN C. FOTO PENELITIAN	56
Gambar C.1 Tungku karbonasi	56
Gambar C.2 Alat pencetak briket.....	56
Gambar C.3 Ayakan 70 mesh	56
Gambar C.4 Termokontrol	56
Gambar C.5 Timbangan digital.....	57
Gambar C.6 Oven listrik	57
Gambar C.7 Briket arang limbah serbuk kayu sengon	57
Gambar C.8 Bom kalorimeter	57
Gambar C.9 <i>Oxygen bomb</i>	57
Gambar C.10 <i>Fuse wire</i>	57
Gambar C.11 Hasil pengujian kadar abu tertinggi briket P 100	58
Gambar C.12 Hasil pengujian kadar abu terendah briket P 200.....	58
Gambar C.13 Hasil pengujian kadar air tertinggi P 100	58
Gambar C.14 Hasil pengujian kadar air terendah P 200.....	58
Gambar C.15 Pengukuran diameter piston besar dongkrak hidrolik	58

Gambar C.16 Pengukuran diameter dies pejal cetakan.....



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya populasi manusia. Kebutuhan tersebut berbanding terbalik dengan ketersediaan sumber energi yang semakin menipis dikarenakan proses produksi dari sumber energi yang relatif lambat. Di Indonesia kebutuhan dan konsumsi energi terfokus pada penggunaan bahan bakar minyak dan gas yang cadangannya semakin menipis, sedangkan pada sisi lain terdapat berbagai jenis biomassa yang kuantitasnya cukup melimpah tetapi belum dioptimalkan penggunaannya (Nugraha, 2013). Oleh karena itu, banyak usaha dilakukan guna mencari pengetahuan dan penemuan tentang sumber bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*), ramah lingkungan serta bernilai ekonomis, dan salah satunya adalah energi baru terbarukan biomasa briket.

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun limbah. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, pakan ternak, minyak nabati dan bahan bangunan, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) (Kurniawan, 2012). Sedangkan briket biomasa merupakan bahan bakar padat yang dibuat dari limbah biomasa yang dicampur dengan bahan lainnya untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan (Sumangat dan Broto, 2009).

Berbagai penelitian dan eksperimen dengan bermacam-macam variabel telah dilakukan untuk menghasilkan briket yang berkualitas. Himawanto (2005) menjelaskan bahwa kenaikan temperatur karbonasi yang terlalu tinggi akan mengurangi karakteristik pembakaran briket sampah kota dimana karakteristik pembakaran terbaik briket sampah kota 90% organik yang diteliti terjadi pada kondisi karbonasi pada 120 °C dengan temperatur mulai terbakar pada 176,3 °C, dengan peak temperatur yang dicapai sebesar 448,8 °C.

Nugraha (2013) menyatakan bahwa penambahan komposisi bahan perekat lumpur lapindo pada briket dapat meningkatkan kerapatan briket arang ampas tebu mengakibatkan semakin besar nilai kalor briket arang ampas tebu. Sedangkan Yuniarti (2011) memaparkan bahwa briket arang dari serbuk gergajian kayu meranti dan arang kayu galam dengan komposisi perekat tepung tapioka sebesar 5 % dan tekanan kempa sebesar 10.000 kg/cm^2 , memiliki kadar air yaitu berkisar antara 3,78 % - 4,54 % dengan kerapatan antara $0,49 \text{ gr/cm}^3$. Kadar abu berkisar antara 2,64 % - 3,24 %, kadar zat terbang antara 25,40 % - 29,40 % dan nilai kalor antara 5502,40 – 6249,51 cal/gr.

Selain itu, variasi tekanan pengepresan juga berpengaruh terhadap karakteristik thermal briket. Penambahan tekanan pembriketan akan menaikkan nilai kekuatan mekanik dan memperlambat waktu pembakaran, namun kenaikan ini akan mencapai titik maksimal pada tekanan 150 kg/cm^2 yaitu sebesar $18,939 \text{ kg/cm}^2$ dan waktu pembakaran selama 53 menit (Subroto, dkk, 2007). Data tersebut diperoleh setelah dilakukan percobaan variasi tekan sebesar 100 kg/cm^2 , 150 kg/cm^2 , 200 kg/cm^2 , dan 250 kg/cm^2 .

Penambahan tekanan kempa juga berpengaruh terhadap kadar air, kadar abu, dan nilai kalor bakar briket. Dalam penelitiannya, Cory (2001) memaparkan bahwa kadar air terendah diperoleh pada perlakuan tekanan kempa 9 ton yaitu sebesar 6,44 % dan tertinggi diperoleh pada tekanan kempa 3 ton yaitu sebesar 6,69 %. Sedangkan kadar abu terendah diperoleh pada tekanan kempa 9 ton yaitu sebesar 12,32 % dan tertinggi pada tekanan kempa 3 ton sebesar 12,36 %. Untuk nilai kalor bakar terendah diperoleh pada tekanan kempa 3 ton yaitu sebesar 5384,01 kal/g dan tertinggi pada tekanan kempa 9 ton yaitu sebesar 5611,81 %. Cory menggunakan bahan arang serasah daun *Acacia Mangium* Willd sebagai bahan baku briket.

Dalam penelitian ini menggunakan limbah hasil penggergajian kayu sengon yang kurang termanfaatkan yang terdapat di Kecamatan Kalisat. Limbah serbuk kayu ini dibiarkan menumpuk dan membusuk serta bahkan dibakar dimana dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, padahal serbuk kayu sengon memiliki

beberapa kelebihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor serbuk kayu sengon yang dihasilkan sebesar 4250,63 kal/gr (Satmoko dkk, 2013).

Pada penelitian ini akan dilakukan variasi tekanan sebesar 57,586 kg/cm², 86,379 kg/cm², 115,172 kg/cm² terhadap arang limbah serbuk kayu sengon yang sudah mengalami karbonasi dan dicampur perekat. Penelitian ini diharapkan dapat diperoleh data valid tentang karakteristik thermal briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan yang bertujuan agar dihasilkan briket arang limbah serbuk kayu sengon yang memiliki sedikit kadar abu, dan sedikit kadar air namun tinggi nilai kalornya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa karakteristik thermal briket arang limbah serbuk kayu sengon. Adapun rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap besar nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon?
3. Bagaimanakah pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap besar nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon.
2. Mengetahui pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon.
3. Mengetahui pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap besar kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon.

1.3.2 Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan briket arang limbah serbuk kayu sengon yang memiliki nilai kalor tinggi dan rendah kadar abu dan kadar air.
2. Memberikan informasi dan pengetahuan bahwa limbah serbuk kayu sengon dapat diolah menjadi bahan bakar alternatif yang mudah diproduksi.
3. Meningkatkan taraf ekonomi masyarakat apabila pembuatan briket ini diproduksi masal dan dikelola dengan baik.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Temperatur karbonasi dianggap terdistribusi secara merata.
2. Arang dan perekat dianggap tercampur secara merata.
3. Temperatur ruangan dianggap konstan.
4. Tekanan pencetakan dianggap terdistribusi secara merata pada briket.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari alam. Biomassa merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif. Maka dari itu, biomassa haruslah mudah didapatkan, ramah lingkungan, ekonomis, dan dapat digunakan oleh masyarakat luas.

Secara umum, biomassa diartikan sebagai bahan organik atau limbah organik dari suatu tanaman yang sudah dikeringkan atau 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 (Patabang, 2012).

Biomassa merupakan sumber energi yang bersih dan dapat diperbarui namun biomassa mempunyai kekurangan yaitu tidak dapat langsung dibakar karena sifat fisiknya yang buruk, seperti kerapatan energi yang rendah dan permasalahan penanganan, penyimpanan dan transportasi (Kurniawan, 2012). Akan tetapi, biomassa sendiri memiliki banyak manfaat, antara lain:

1. Biomassa dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat disediakan secara berkesinambungan.
2. Keberadaannya atau eksistensinya mudah diperoleh.
3. Sisa hasil pembakaran yang dihasilkan biomassa relatif kecil.
4. Memiliki nilai kalor yang relatif tinggi.
5. Memiliki nilai ekonomis yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya.
6. Dapat dijadikan sebagai bahan baku sumber energi terbarukan lainnya seperti arang aktif, gasifikasi, dan briket.

2.1.1 Potensi biomassa di Indonesia

Di Indonesia, biomassa memiliki potensi yang cukup besar. Dengan hutan tropis Indonesia yang sangat luas, setiap tahun diperkirakan terdapat limbah kayu sebanyak 25 juta ton yang terbuang dan belum dimanfaatkan. Jumlah energi yang terkandung dalam kayu itu besar, yaitu 100 milyar kkal setahun. Demikian juga sekam padi, tongkol jagung, dan tempurung kelapa yang merupakan limbah pertanian dan perkebunan, memiliki potensi yang besar sekali (Ndraha, 2009). Berikut data tentang potensi biomassa di Indonesia:

Tabel 2.1 Potensi energi biomassa di Indonesia

No.	Sumber energi	Produksi (10 ⁶ ton/tahun)	Energi (10 ⁹ kkal/tahun)	Pangsa (%)
1.	Kayu	25,0	100,0	72,0
3.	Sekam padi	7,55	27,0	19,4
3.	Jenggal jagung	1,52	6,8	4,9
4.	Tempurung kelapa	1,25	5,1	3,4
Potensi total		35,32	138,9	100,0

Sumber: Kadir (1995)

Selain memiliki potensi yang cukup tinggi, biomassa di Indonesia sudah digunakan sebagai sumber energi terbarukan bagi masyarakat. Berikut data tabel tentang potensi dan kapasitas terpasang sumber energi terbarukan di Indonesia:

Tabel 2.2 Sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia

No.	Sumber energi	Potensi	Kapasitas terpasang
1.	Panas bumi	16.502 MW (Cadangan)	1.341 MW (Sampai Mei 2013)
2.	Hidro	75.000 MW (Sumberdaya)	7.059 MW
3.	Mini-mikrohidro	769,7 MW	512 MW

4.	Biomassa	(Sumberdaya) 13.662 Mwe (Cadangan)	1.364 Mwe 75,5 Mwe (On grid)
5.	Energi surya	4,80 kWh/m ² /hari	42,78 MW
6.	Energi angin	3-6 m/s	1,33 MW
7.	Uranium	3000 MW	30 MW
8.	Gas metana batubara	453 TSCF	
9.	Shale gas	(Sumberdaya) 574 TSCF (Sumberdaya0)	

Sumber: Ditjen EBTKE (2013)

Biomassa juga mudah dikonversi ke dalam bentuk sumber energi lain. Tujuan dari konversi biomassa tersebut adalah untuk menghasilkan sumber energi lain yang efisien dan memiliki karakteristik termal yang baik dan optimal. Berikut macam-macam pengkonversian biomassa:

1. Biobriket, merupakan konversi biomassa dalam bentuk lain dengan cara pemampatan biomassa yang sudah dikarbonasi atau diarangkan sehingga diperoleh bentuk atau tekstur yang lebih teratur.
2. Gasifikasi, merupakan konversi biomassa yang dilakukan didalam reaktor gasifikasi (*gasifier*) menjadi bahan bakar gas yang umumnya digunakan sebagai bahan bakar motor untuk menggerakkan generator pembangkit energi listrik.
3. Pirolisa, merupakan konversi biomassa dengan menggunakan panas (*pyro*) diatas 200 °C yang dilakukan didalam tungku kedap udara dengan tujuan untuk menghasilkan arang aktif.
4. Biokimia, merupakan konversi biomassa dengan cara kimia atau penguraian unsur yang ada didalam biomassa. Produk yang dihasilkan antara lain etanol dan CH₄

2.1.2 Serbuk gergajian kayu sengon

Serbuk gergajian kayu sengon merupakan limbah serbuk yang dihasilkan dari hasil pengolahan kayu sengon atau industri penggergajian 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 satu 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. Di beberapa lokasi di Indonesia, sengon berperan sangat penting baik dalam sistem pertanian tradisional maupun komersial (Krisnawati, dkk. 2011).

Ada tiga macam industri kayu di Indonesia yang rata-rata mengkonsumsi kayu dalam jumlah yang relatif besar, yakni penggergajian kayu, industri kayu lapis atau vinir, dan industri kertas. Masalah yang sering timbul pada industri gergajian kayu dan atau semacamnya yaitu limbah serbuk gergajian kayu yang dibiarkan menumpuk dan membusuk serta bahkan dibakar dimana dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Padahal serbuk gergajian kayu ini memiliki manfaat dan potensi yang dapat digunakan sebagai bahan baku dari gasifikasi dan biomassa briket. Pada umumnya serbuk kayu memiliki nilai kalor antara 4018,25 kal/gr hingga 5975,58 kal/gr dan memiliki komposisi kimia yang bervariasi, bergantung pada varietas, jenis dan media tumbuh (Ndraha, 2009).

Berlatar belakang dari permasalahan ini, maka dilakukan langkah alternatif dalam menyelesaikannya. Pembriketan merupakan salah satu jalan untuk mengatasi masalah limbah serbuk kayu yang kurang termanfaatkan. Menurut Abdullah (1991) pembriketan pada prinsipnya merupakan densifikasi atau pemampatan bahan baku yang bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan sehingga memudahkan penanganannya. Keuntungan pembriketan antara lain mampu meningkatkan nilai kalor per unit volume, mempunyai kualitas dan ukuran yang seragam, mudah dalam pengemasan dan mudah disimpan. Diharapkan dengan adanya briket dari limbah sisa

gergajian pohon sengon maka dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar yang sekarang ini harganya cukup mahal, serta dapat mengurangi timbunan sampah yang semakin lama semakin bertambah (Satmoko, dkk, 2013).

2.2 Briket

Briket adalah bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar alam yang ketersediannya mulai menipis. Biomassa briket memiliki nilai ekonomis tinggi, mudah diproduksi, dan ramah lingkungan. Briket merupakan bahan bakar padat baru terbarukan yang dibuat dari limbah organik yang berasal dari limbah industri, limbah hasil pertanian maupun limbah perkotaan. Patabang (2012) menuturkan bahwa bahan biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku briket dapat berasal dari:

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

Masing-masing dari bahan biomassa briket memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri. Briket diharapkan memiliki tingkat efisiensi termal tinggi seperti contoh nilai kalor yang tinggi, sedikit kadar abu, kadar air yang rendah, serta waktu pembakaran yang lama. Mutu briket yang baik adalah briket yang memenuhi standar mutu agar dapat digunakan sesuai keperluannya. Berikut standar kualitas briket:

Tabel 2.3 Standar kualitas briket buatan Jepang, Amerika, Inggris, dan Indonesia

No.	Sifat briket	Jepang	Amerika	Inggris	Indonesia
1.	Kadar air (%)	6 – 8	6,2	3,6	7,57

2.	Kadar abu (%)	3 – 6	8,3	5,9	5,51
3.	Kadar zat mudah menguap (%)	15 – 30	19 – 28	16,4	16,14
4.	Kadar karbon terikat (%)	60 – 80	60	75,3	78,35
5.	Kerapatan (g/cm ³)	1,0 – 1,2	1	0,48	0,44
6.	Keteguhan tekan (kg/cm ³)	60 – 65	62	12,7	-
7.	Nilai kalor bakar (kal/g)	6000 – 7000	6230	7289	6814

Sumber: Hendra dan Winarni (2003)

Secara umum spesifikasi briket yang diinginkan oleh konsumen adalah sebagai berikut:

1. Memiliki nilai kalor yang tinggi.
2. Mudah dinyalakan ketika akan dibakar.
3. Memiliki nyala api yang besar.
4. Mengeluarkan sedikit asap.
5. Memiliki waktu pembakaran yang relatif lama.
6. Menghasilkan sedikit debu hasil pembakaran.
7. Bebas gas berbahaya.

Briket memiliki berbagai macam bentuk antara lain bentuk bantal (*oval*), sarang tawon (*honey comb*), silinder (*cylinder*), telur (*egg*), dan lain-lain. Macam-macam bentuk briket yang sering diproduksi antara lain:



Gambar 2.1 Briket bentuk bantal (*oval*)

(Sumber: <http://briketbatubarabengkulu.blogspot.com/>)



Gambar 2.2 Briket bentuk sarang tawon (*honey comb*)

(Sumber: <http://indonetwork.co.id>)



Gambar 2.3 Briket bentuk silinder (*cylinder*)

(Sumber: <http://ceriwis.com>)



Gambar 2.4 Briket bentuk telur (*egg*)

(Sumber: <http://indonetwork.co.id>)

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan briket antara lain:

1. Bahan baku

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahan baku biomassa briket dapat berasal dari limbah hasil pertanian, limbah industri, dan limbah hasil pengolahan

kayu. Namun faktor yang paling penting dalam menentukan bahan biomassa adalah bahan baku tersebut memiliki nilai kalor yang tinggi. Semakin tinggi nilai kalor suatu bahan, maka semakin tinggi pula kualitas dari biomassa briket yang dihasilkan.

2. Proses pengarangan/karbonisasi

Proses pengarangan atau karbonisasi atau pirolisis merupakan proses pembakaran bahan baku biomassa dengan sedikit atau tanpa oksigen. Tujuan dari karbonisasi yaitu untuk menghasilkan arang aktif yang akan digunakan sebagai bahan briket. Temperatur yang digunakan dalam karbonisasi berkisar antara 200 °C – 1000 °C.

Fungsi utama dari proses pengarangan atau pirolisis adalah untuk meningkatkan nilai kalor bahan. Karena pada saat karbonisasi, air yang terkandung dalam bahan akan menguap dalam jumlah tertentu. Selain itu, saat proses pengarangan berlangsung terjadi pembentukan tar yang dapat berfungsi sebagai *coating film* yang mencegah penyerapan kembali kandungan air.

3. Ukuran partikel

Ukuran partikel pada pembuatan briket haruslah seragam supaya mempermudah dalam proses pencetakan. Arang yang sudah jadi terlebih dahulu dihancurkan atau dihaluskan dan setelah itu diayak dengan ketentuan ukuran yang diinginkan.

Semakin kecil ukuran partikel maka kuat tekan briket akan semakin besar, namun laju pembakarannya akan semakin lambat karena rongga/pori briket semakin kecil. Begitu pula sebaliknya, semakin besar ukuran partikel maka laju pembakarannya semakin cepat, akan tetapi kuat tekannya rendah.

4. Bahan perekat

Perekat merupakan bahan yang dapat mengikat dua atau lebih komponen atau partikel. Umumnya, perekat yang digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung pati. Berikut adalah daftar analisa macam-macam tepung pati:

Tabel 2.4 Daftar analisa bahan perekat tepung pati

No.	Jenis tepung	Air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Serat Kasar (%)	Karbon (%)
1.	Tepung jagung	10,52	1,27	4,89	8,48	1,04	73,80
2.	Tepung beras	7,58	0,68	4,53	9,89	0,82	76,90
3.	Tepung terigu	10,70	0,86	2,00	11,50	0,64	74,20
4.	Tepung tapioka	9,84	0,36	1,50	2,21	0,69	85,20
5.	Tepung sagu	14,10	0,67	1,03	1,12	0,37	82,70

Sumber: Anonimous (1989) dalam Ndraha (2009)

5. Tekanan pencetakan

Tekanan pencetakan merupakan tekanan yang diberikan saat mencetak. Variasi tekanan pengepresan berpengaruh terhadap karakteristik thermal briket. Semakin tinggi tekanan cetak, maka semakin tinggi pula nilai kalornya. Selain itu, penambahan tekanan pembriketan akan menaikkan nilai kekuatan mekanik dan memperlambat waktu pembakaran, namun kenaikan ini akan mencapai titik maksimal pada tekanan 150 kg/cm^2 yaitu sebesar $18,939 \text{ kg/cm}^2$ dan waktu pembakaran selama 53 menit (Subroto, dkk, 2007). Data tersebut diperoleh setelah dilakukan percobaan variasi tekan sebesar 100 kg/cm^2 , 150 kg/cm^2 , 200 kg/cm^2 , dan 250 kg/cm^2 .

Dalam penelitiannya, Cory (2001) menyimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan cetak maka semakin tinggi pula nilai kalornya. Selain itu, kadar abu dan kadar air akan menurun seiring dengan penambahan tekanan pencetakan.

2.3 Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pembakaran bahan baku biomassa dengan sedikit atau tanpa oksigen. Tujuan dari karbonisasi yaitu untuk menghasilkan arang aktif yang akan digunakan sebagai bahan briket. Temperatur yang digunakan dalam karbonisasi berkisar antara $200 \text{ }^\circ\text{C}$ – $1000 \text{ }^\circ\text{C}$.

Fungsi utama dari proses pengarangan atau karbonasi adalah untuk meningkatkan nilai kalor bahan. Karena pada saat karbonisasi, air yang terkandung dalam bahan akan menguap dalam jumlah tertentu. Selain itu, saat proses pengarangan berlangsung terjadi pembentukan tar yang dapat berfungsi sebagai *coating film* yang mencegah penyerapan kembali kandungan air. Karbonisasi juga memiliki beberapa keunggulan seperti peralatannya yang relatif murah dan pengoperasiannya yang mudah.

Tujuan dari karbonisasi adalah untuk membuat arang dari suatu biomassa. Masturin (2002) menyatakan bahwa arang adalah residu yang berbentuk padatan yang merupakan sisa dari proses pengkarbonan bahan berkarbon dengan kondisi terkendali di dalam ruangan tertutup seperti dapur arang. Menurut Sudrajat dan Soleh (1994) dan Triono (2006) arang adalah hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori. Sebagian besar porinya masih tertutup oleh hidrogen, tar, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari abu, air, nitrogen, dan sulfur.



Gambar 2.5 Arang kayu

(Sumber: <http://panintisar.indonetwork.co.id>)

2.4 Tepung Tapioka

Perekat merupakan bahan yang dapat mengikat dua atau lebih komponen atau partikel. Ada berbagai istilah atau ungkapan yang digunakan untuk mengganti kata perekat seperti *mucilage*, *glue*, *paste*, dan *cement*. *Mucilage* merupakan tipe perekat

yang terbuat dari getah dan air. Perekat jenis ini biasa digunakan sebagai perekat kertas. *Glue* adalah tipe perekat yang diproduksi dari protein hewani seperti kulit, kuku, urat, otot, dan tulang. Perekat jenis ini sering digunakan dalam industri kayu lapis atau vinir, industri pengerjaan kayu atau *wood working*, dan industri serbuk papan atau *particle board*. *Paste* merupakan perekat yang terbuat dari proses pemanasan campuran pati dan air dan dipertahankan dalam bentuk pasta. *Cement* adalah istilah yang digunakan untuk perekat yang bahan dasarnya karet dan mengeras melalui pelepasan pelarut (Ruhendi, dkk, 2007).

Umumnya, perekat yang digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung pati tapioka. Menurut Hartoyo, dkk. (1990) bahan perekat yang baik digunakan untuk pembuatan briket arang adalah pati, dekstrin dan tepung tapioka, karena menghasilkan briket arang yang tidak berasap pada saat pembakaran dan tahan lama. Yuniarti (2011) memaparkan bahwa briket arang dari serbuk gergajian kayu meranti dan arang kayu galam dengan komposisi perekat tepung tapioka sebesar 5 % dan tekanan kempa sebesar 10.000 kg/cm^2 , memiliki kadar air yaitu berkisar antara 3,78 % - 4,54 % dengan kerapatan antara $0,49 \text{ gr/cm}^3$. Kadar abu berkisar antara 2,64 % - 3,24 %, kadar zat terbang antara 25,40 % - 29,40 % dan nilai kalor antara 5502,40 – 6249,51 cal/gr.

Tepung tapioka merupakan jenis tepung yang terbuat dari penggilingan atau penghalusan singkong menjadi serbuk atau bubuk. Perekat tapioka umum digunakan sebagai bahan perekat pada briket arang karena banyak ditemukan di pasaran dan harganya relatif murah. Perekat ini dalam penggunaannya menimbulkan asap yang sedikit dibandingkan bahan perekat lainnya (Wijayanti, 2009).



Gambar 2.6 Tepung tapioka

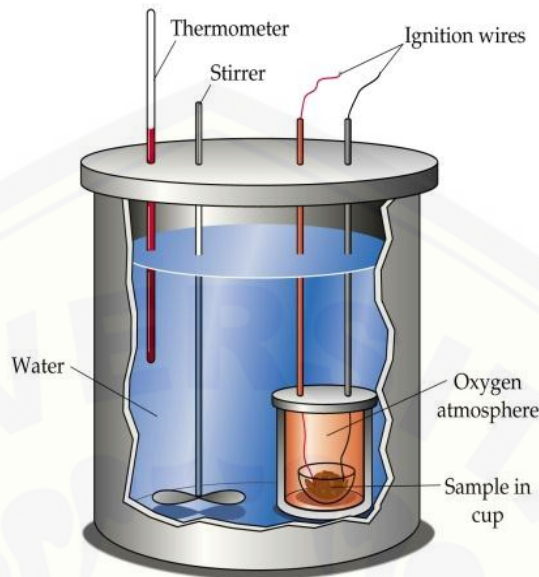
(Sumber: <http://fermentasijm.indonetwork.co.id>)

2.5 Karakteristik Thermal Briket

2.5.1 Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor adalah panas yang dilepaskan dari pembakaran sejumlah kuantitas unit bahan bakar (massa) dimana produknya dalam bentuk ash, gas CO_2 , SO_2 , Nitrogen dan air, dan tidak termasuk air yang menjadi uap (*vapor*) (Virgiawan, 2014). Pengukuran nilai kalor bahan dilakukan dengan menggunakan alat bom kalorimeter.

Bom kalorimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalor dari suatu bahan bakar padat atau 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 pembakar dengan volume konstan atau tekanan tinggi (Virgiawan, 2014). Skema bom kalorimeter dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bom kalorimeter (Sumber: [http:// nurul.kimia.upi.edu](http://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. Bejana logam tersebut ditempatkan didalam bom kalorimeter berisi air dan bahan bakar itu dinyalakan dengan sambungan listrik dari luar (Virgiawan, 2014).

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai kalor adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

HHV = *Highest Heating Value* (nilai kalor) (kal/gram)

ΔT = Selisih suhu ($^{\circ}C$)

EE = Standar benzoit

Acid = Sisa abu (kal/gram)

Fulse = Panjang kawat yang terbakar

$$EE = \frac{6318 \times Massa\ benzoit}{Selisih\ suhu} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.5.2 Kadar Abu (*Ash*) (ASTM D 5142)

Abu merupakan zat sisa hasil dari suatu pembakaran bahan. Abu juga diartikan sebagai bahan yang tidak dapat terbakar dalam proses pembakaran. Penambahan tekanan kempa memiliki pengaruh terhadap kadar abu briket. Dalam penelitiannya, Cory (2001) menjelaskan bahwa kadar abu terendah diperoleh pada tekanan kempa 9 ton yaitu sebesar 12,32 % dan tertinggi pada tekanan kempa 3 ton sebesar 12,36 %. Pengaruh dari tekanan pengempaan terhadap kadar abu briket arang tersebut sesuai pula dengan pengaruh dari kadar zat mudah menguap, yaitu dengan penambahan tekanan pada suatu batas tertentu akan menyebabkan kadar abu briket arang yang dihasilkan akan berkurang (Januardi, 1989).

Besarnya kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{F-G}{W} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

F = Berat cawan dengan abu (gram)

G = Berat cawan kosong (gram)

W = Berat sampel (gram)

2.5.3 Kadar Air (*Moisture*) (ASTM D 5142)

Kadar air merupakan kuantitas atau jumlah kandungan air yang terkandung dalam suatu bahan. Semakin kecil jumlah kadar air maka nilai kalor bahan tersebut akan semakin besar. Fauzan (1988) menjelaskan bahwa semakin rendah tekanan pengempaan maka semakin tinggi kadar air yang terdapat dalam spesimen atau bahan. Sudrajat (1984) memaparkan bahwa kayu yang berkerapatan rendah akan memiliki kadar air yang tinggi dibandingkan kayu yang memiliki kerapatan yang tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan pencetakan maka semakin rendah kadar air yang terkandung pada bahan.

Besarnya kadar air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Kadar air} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

X1 = Berat sampel mula-mula (gram)

X2 = Berat sampel setelah dikeringkan (gram)

2.6 Hipotesa

Semakin tinggi tekanan pencetakan briket, maka kadar air semakin rendah. Hal ini disebabkan air akan terbuang dalam jumlah tertentu seiring dengan penambahan tekanan cetak. Kadar abu dipengaruhi oleh kerapatan briket. Semakin tinggi tekanan pencetakan, maka semakin rapat partikel briket sehingga menyebabkan kadar abu semakin rendah. Kadar air yang semakin rendah, akan menaikkan nilai kalor briket.

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 briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi tekanan pencetakan.

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 4 bulan yaitu dimulai dari bulan Mei 2015 sampai bulan Agustus 2015.

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 antara lain:

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, seperti:

- a) Tungku karbonasi dengan tinggi 51 cm, diameter luar 31 cm, dan diameter dalam 21 cm
- b) Dongkrak hidrolik

- c) Cetakan briket berbentuk silinder dengan diameter dalam 30 mm dan tinggi 100 mm
- d) Ayakan 70 mesh
- e) Kabel termokopel
- f) Termokontrol
- g) Timbangan digital
- h) Oven

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Limbah serbuk gergaji kayu sengon diperoleh dari CV. Harapan Mulya, Kecamatan Kalisat, Kabupaten Jember
2. Tepung tapioka
3. Air

Tabel 3.1 Keterangan nama sampel

No.	Nama briket	Keterangan
1.	Briket A	Briket dengan tekanan pencetakan $57,586 \text{ kg/cm}^2$
2.	Briket B	Briket dengan tekanan pencetakan $86,379 \text{ kg/cm}^2$
3.	Briket C	Briket dengan tekanan pencetakan $115,172 \text{ kg/cm}^2$

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon

- 1) Serbuk gergaji kayu sengon dibersihkan dari kotoran dengan menggunakan air.
- 2) Mengeringkan serbuk gergaji kayu sengon yang sudah dibersihkan selama 2 hari di bawah sinar matahari, selama 6 jam per harinya.
- 3) Menyiapkan tungku karbonasi.
- 4) Memasukkan serbuk gergaji kayu sengon ke dalam tungku karbonasi.

- 5) Menyalakan tungku karbonasi dengan cara menghubungkan ke listrik.
- 6) Mengatur atau *set* thermostat pada suhu 400°C.
- 7) Proses pengarangan dilakukan sampai temperatur 400°C.
- 8) Melakukan proses pengarangan selama 30 menit sampai serbuk gergaji kayu sengon menjadi arang.

3.4.2 Tahapan Pembuatan Briket Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon

- 1) Arang limbah serbuk gergaji kayu sengon diayak dengan ukuran 70 mesh.
- 2) Mencampur arang serbuk gergaji kayu sengon yang sudah diayak dengan perekat tepung tapioka dengan komposisi arang serbuk gergaji kayu sengon sebesar 70 % dan perekat 20 % dengan berat keseluruhan 9 gram.
- 3) Menambahkan air sebanyak 1 ml (10%) dan aduk arang serbuk gergaji kayu sengon yang sudah diayak dengan perekat tepung tapioka hingga tercampur merata.
- 4) Setelah tercampur merata, pencetakan briket dilakukan pada alat cetak briket dengan tekanan yang bervariasi sebesar 57,586 kg/cm², 86,379 kg/cm², 115,172 kg/cm², dan tahan pencetakan selama 1 menit.
- 5) Kemudian briket dikeluarkan dari cetakan.
- 6) Pembriketan dilakukan dengan mencetak briket sebanyak 3 spesimen untuk masing-masing variasi tekanan pembriketan.
- 7) Selanjutnya mengeringkan briket dengan menggunakan oven listrik dengan temperatur 60°C selama 1 jam.

3.4.3 Tahapan Penelitian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian nilai kalor, kadar abu, dan kadar air. Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon

Setelah dilakukan pembuatan arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dengan bahan perekat tepung tapioka, maka selanjutnya sampel briket diuji dengan menggunakan alat bom kalorimeter.

2. Tahapan pengujian nilai kalor

Adapun tahapan pengujian nilai kalor adalah sebagai berikut:

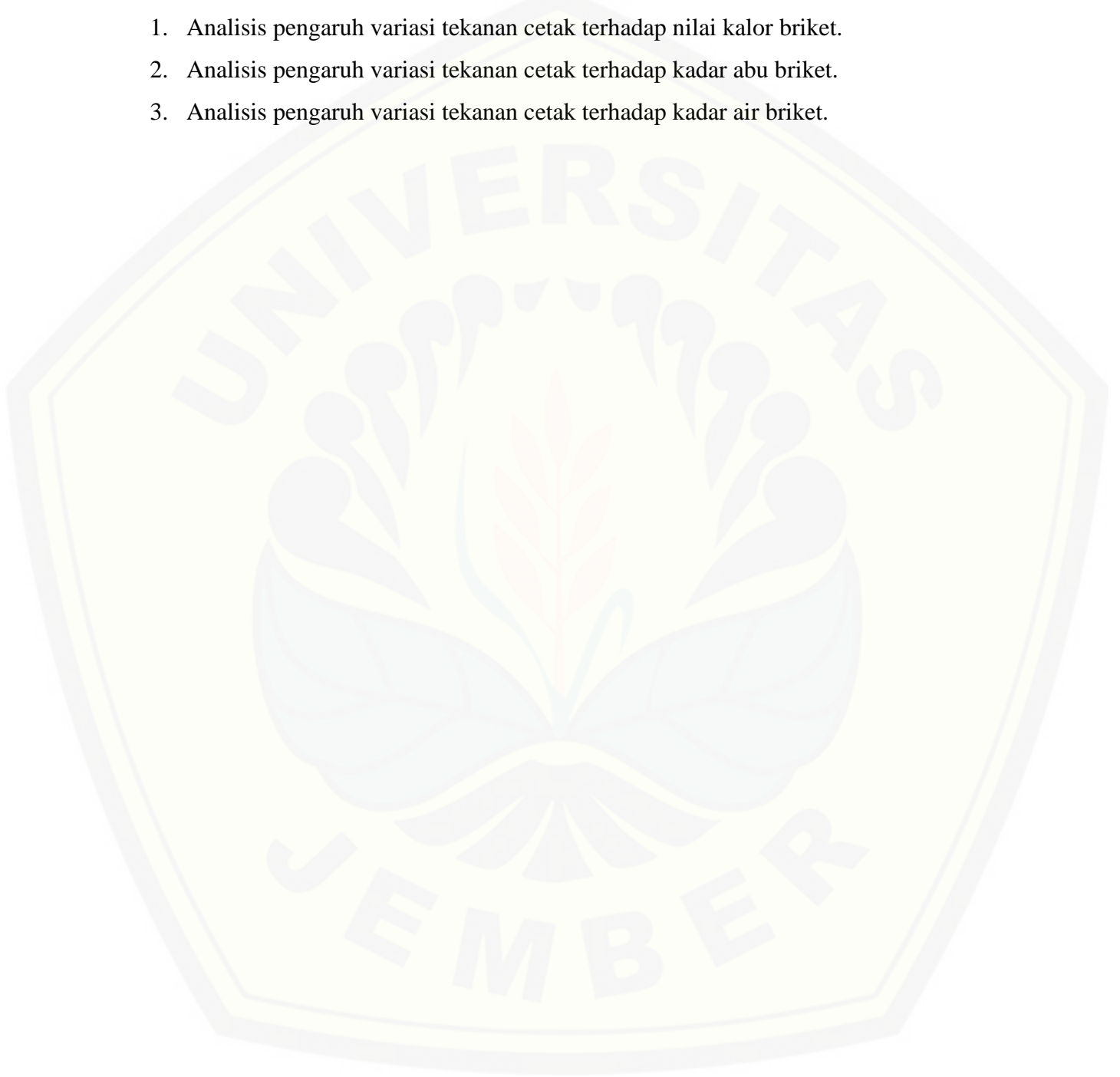
- a) Menyiapkan 2 liter air dan kemudian masukkan kedalam *oval bucket*.
- b) Menimbang briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon yang akan diuji, kemudian masukkan ke dalam *combustion capsule*.
- c) Memasang kawat sepanjang 10 cm hingga mengenai briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon yang diuji tanpa mengenai permukaan besi *combustion capsule*.
- d) Memasukkan bahan yang diuji dalam *combustion capsule* bersama dengan kawat, ke dalam tabung *oxygen bomb*.
- e) Menghubungkan semua peralatan bom kalorimeter dengan listrik.
- f) Mengisi tabung *oxygen bomb* dengan oksigen bertekanan 30-35 atm menggunakan bantuan *auto charger*.
- g) Memasukkan tabung *oxygen bomb* ke dalam *oval bucket* yang telah terisi air.
- h) Kemudian memasukkan *oval bucket* ke dalam *adiabatic* calorimeter, lalu tutup.
- i) Memindahkan posisi *switch* keposisi on.
- j) *Stirrer* (pengaduk) diaktifkan untuk mengaduk air di *oval bucket* sehingga temperatur air merata.
- k) Setelah itu mencatat perubahan suhu yang terjadi.
- l) Kemudian briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon dibakar.
- m) Beberapa saat kemudian, perubahan suhu yang terjadi pada air dicatat kembali.

- n) Setelah itu menghitung selisih temperatur di air pada kondisi awal dengan kondisi setelah terjadi pembakaran. Selisih tersebut dikalikan dengan standard benzoid.
 - o) Setelah itu menghitung sisa kawat yang terbakar.
 - p) Dari situlah nilai kalor dari briket arang limbah serbuk gergaji kayu sengon yang diuji dapat diketahui.
3. Tahapan pengujian kadar abu (ASTM D 5142)
- a) Menimbang cawan yang akan digunakan sebagai wadah sampel.
 - b) Mengambil dan menimbang sampel sebanyak 1 gram unruk dilakukan pengujian.
 - c) Menempatkan cawan beserta sampel diatas *furnace* dan memanaskan pada suhu 450-500 °C selama 1 jam.
 - d) Kemudian dilanjutkan memanaskan pada suhu 700-750 °C selama 2 jam.
 - e) Selanjutnya memindahkan cawan dari furnace dan setelah dingin cawan beserta sampel ditimbang.
 - f) Mengulang tahapan pengujian untuk variasi tekanan selanjutnya.
4. Tahapan pengujian kadar air (ASTM D 5142)
- a) Menimbang berat briket arang serbuk gergaji kayu sengon dan cawan sebelum dioven.
 - b) Briket arang serbuk gergaji kayu sengon dalam cawan dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam.
 - c) Menimbang berat briket arang serbuk gergaji kayu sengon serta cawan alumunium setelah dioven.
 - d) Melakukan percobaan pada briket dengan variasi tekanan cetak selanjutnya.

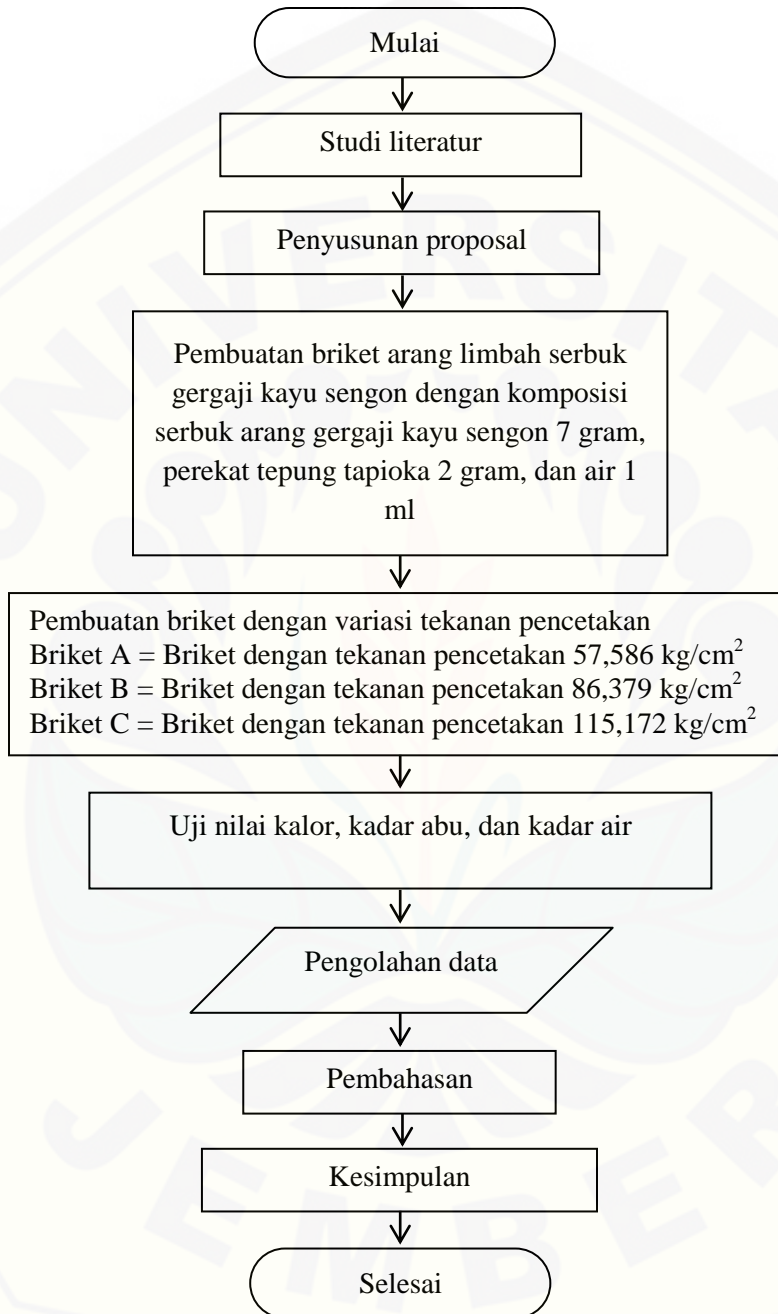
3.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh variasi tekanan cetak terhadap nilai kalor briket.
2. Analisis pengaruh variasi tekanan cetak terhadap kadar abu briket.
3. Analisis pengaruh variasi tekanan cetak terhadap kadar air briket.



3.6 Diagram Alir Penelitian



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Data pengamatan dimensi briket arang limbah serbuk kayu sengon

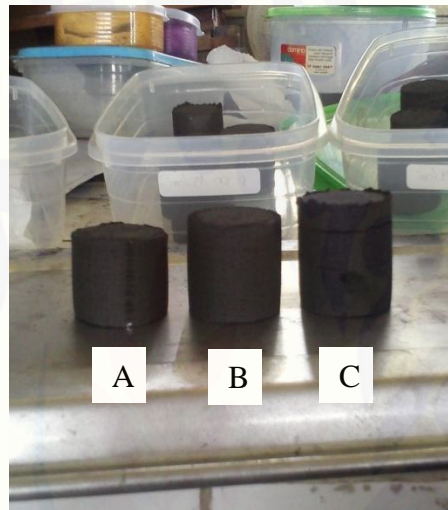
Setelah dilakukan pencetakan briket dengan variasi tekanan pencetakan 57,586 kg/cm² (Briket A), 86,379 kg/cm² (Briket B), dan 115,172 kg/cm² (Briket C), dan dengan dilakukannya 3 kali percobaan untuk setiap variasi, diperoleh data dimensi briket arang limbah serbuk kayu sengon seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Dimensi briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (mm ³)
1.	Briket A	30	34	24021
2.	Briket A	30	34	24021
3.	Briket A	30	36	25434
Rata-rata		30	34,7	24492
1.	Briket B	30	30	21195
2.	Briket B	30	31	21901,5
3.	Briket B	30	30	21195
Rata-rata		30	30,3	21430,5
1.	Briket C	30	27	19075,5
2.	Briket C	30	27	19075,5
3.	Briket C	30	27	19075,5
Rata-rata		30	27	19075,5

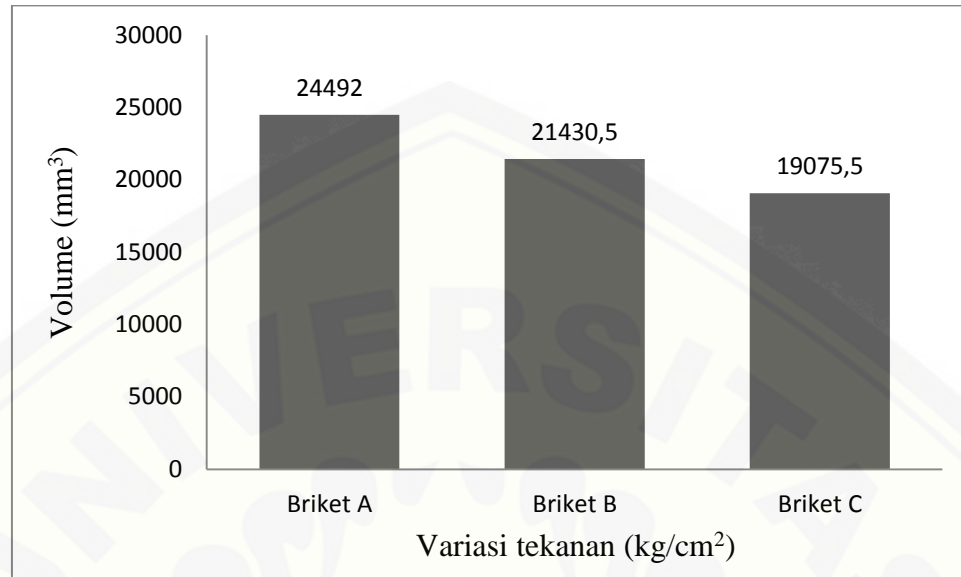
Dari tabel diketahui bahwa diameter briket untuk semua variasi tekanan adalah sama. Sedangkan tinggi briket untuk setiap variasi tekanan menunjukkan perbedaan, dimana tinggi briket dengan variasi tekanan 57,586 kg/cm² pada pengamatan ke-1 adalah 34 mm, pengamatan ke-2 adalah 34 mm, dan pengamatan ke-3 adalah 36 mm, dengan rata-rata tingginya adalah sebesar 34,7 mm. Sedangkan

tinggi briket dengan variasi tekanan $86,379 \text{ kg/cm}^2$ pada pengamatan ke-1 adalah 30 mm, pada pengamatan ke-2 adalah 31 mm, dan pada pengamatan ke-3 adalah 30 mm, dengan rata-rata tingginya adalah sebesar 30,3 mm. Dan untuk tinggi briket dengan variasi tekanan $115,172 \text{ kg/cm}^2$ pada pengamatan ke-1, pengamatan ke-2, dan pengamatan ke-3 adalah sama, yaitu 27 mm, dengan rata-rata tingginya adalah sebesar 27 mm.



Gambar 4.1 Briket dengan variasi tekanan $115,172 \text{ kg/cm}^2$ (A), briket dengan variasi tekanan $86,379 \text{ kg/cm}^2$ (B), briket dengan variasi tekanan $57,586 \text{ kg/cm}^2$ (C)

Volume briket untuk setiap variasi tekanan juga menunjukkan perbedaan, dimana volume briket dengan variasi tekanan $57,586 \text{ kg/cm}^2$ pada pengamatan ke-1 adalah 24021 mm^3 , pengamatan ke-2 adalah 24021 mm^3 , dan pengamatan ke-3 adalah 25434 mm^3 , dengan rata-rata volumenya adalah sebesar 24492 mm^3 . Sedangkan volume briket dengan variasi tekanan $86,379 \text{ kg/cm}^2$ pada pengamatan ke-1 adalah 21195 mm^3 , pada pengamatan ke-2 adalah $21901,5 \text{ mm}^3$, dan pada pengamatan ke-3 adalah 21195 mm^3 , dengan rata-rata volumenya adalah sebesar $21430,5 \text{ mm}^3$. Dan untuk volume briket dengan variasi tekanan $115,172 \text{ kg/cm}^2$ pada pengamatan ke-1, pengamatan ke-2, dan pengamatan ke-3 adalah sama, yaitu $19075,5 \text{ mm}^3$, dengan rata-rata tingginya adalah sebesar $19075,5 \text{ mm}^3$.



Gambar 4.2 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap volume briket arang limbah serbuk kayu sengon

Berdasarkan grafik diperoleh data rata-rata volume briket dengan variasi tekanan pencetakan 57,586 kg/cm² adalah sebesar 24492 mm³, volume briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² adalah sebesar 21430,5 mm³, dan volume briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² adalah sebesar 19075,5 mm³. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi tekanan pencetakan maka semakin rendah volume briket. Hal ini disebabkan pada saat pencetakan, partikel arang limbah serbuk kayu sengon akan termampatkan akibat gaya tekan yang diberikan oleh alat pencetak, dalam hal ini dongkrak hidrolik. Sehingga apabila tekanan yang diberikan semakin besar, maka partikel arang akan semakin termampatkan dan tinggi dari briket akan semakin kecil dan akhirnya volume dari briket pun akan semakin rendah.

4.1.2 Pengujian nilai kalor

Nilai kalor diuji dengan menggunakan bom kalorimeter dan perhitungan nilai kalor menggunakan rumus :

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

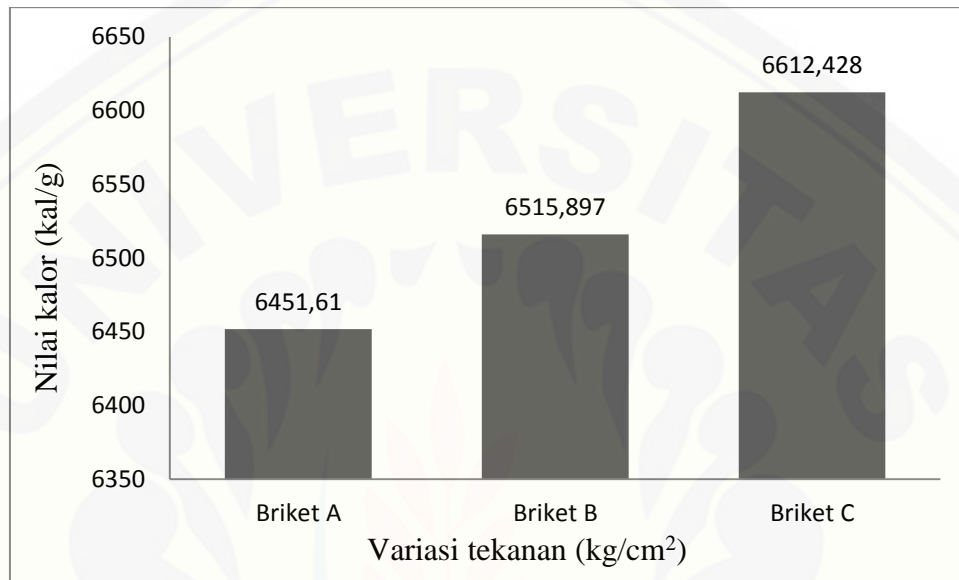
Setelah dilakukan pengujian, diketahui data nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan sampel seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Nilai kalor (kalori/gram)
1.	Briket A	6435,355
2.	Briket A	6435,755
3.	Briket A	6483,721
Rata-rata		6451,610
1.	Briket B	6483,621
2.	Briket B	6531,986
3.	Briket B	6532,086
Rata-rata		6515,897
1.	Briket C	6580,351
2.	Briket C	6628,317
3.	Briket C	6628,617
Rata-rata		6612,428

Dari tabel diketahui bahwa nilai kalor briket untuk setiap variasi tekanan menunjukkan perbedaan, dimana nilai kalor briket dengan variasi tekanan 57,586 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 6435,355 kalori/gram, percobaan ke-2 adalah 6435,755 kalori/gram, dan percobaan ke-3 adalah 6483,721 kalori/gram, dengan rata-rata nilai kalornya adalah sebesar 6451,610 kalori/gram. Sedangkan nilai kalor briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 6483,621 kalori/gram, percobaan ke-2 adalah 6531,986 kalori/gram, dan percobaan ke-3 adalah 6532,086 kalori/gram, dengan rata-rata nilai kalornya adalah sebesar 6515,897

kalori/gram. Dan untuk nilai kalor briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 6580,351 kalori/gram, percobaan ke-2 adalah 6628,317 kalori/gram, dan percobaan ke-3 adalah 6628,617 kalori/gram, dengan rata-rata nilai kalornya adalah sebesar 6612,428 kalori/gram.



Gambar 4.3 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon

Berdasarkan grafik diperoleh data rata-rata nilai kalor briket dengan variasi tekanan pencetakan 57,586 kg/cm² sebesar 6451,61 kalori/gram, briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² sebesar 6515,897 kalori/gram, dan nilai kalor briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² sebesar 6612,428 kalori/gram. Dari grafik dapat diketahui bahwa semakin tinggi tekanan pencetakan maka semakin tinggi pula nilai kalor briket. Hal ini disebabkan pada saat pencetakan, air akan terbuang dalam jumlah tertentu. Nurhayati (1983) menjelaskan bahwa kadar air dan kadar abu berpengaruh terhadap nilai kalor bakar, dimana kadar air dan kadar abu yang tinggi akan mengurangi nilai kalor bakar.

Jika dibandingkan dengan nilai kalor arang kayu sengon, briket arang limbah serbuk kayu sengon memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Nilai kalor kayu sengon

adalah sebesar 5950 kalori/gram, sedangkan nilai kalor tertinggi briket arang limbah serbuk kayu sengon adalah sebesar 6628,617 kalori/gram dan nilai kalor terendah adalah sebesar 6435,355 kalori/gram. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data nilai kalor arang kayu dan batubara

No.	Jenis spesies	Nilai kalor $\times 10$ (kal/g)
1	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	750 \pm 7
2	Akasia (<i>Acacia spp.</i>)	740 \pm 7
3	Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	730 \pm 7
4	Sono (<i>Dalbergia spp.</i>)	730 \pm 7
5	Landep (<i>Barleria prionitis</i> L.)	715 \pm 7
6	Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	699 \pm 7
7	Melinjo (<i>Gnetum gnemon</i>)	673 \pm 6
8	Manding	666 \pm 6
7	Kesambi (<i>Schleichera oleosa</i> Merr)	661 \pm 6
8	Rembalo	644 \pm 6
9	Tempurung kelapa (batok)	626 \pm 6
10	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	595 \pm 6
11	Batu bara hitam	550 \pm 6
12	Batu bara cokelat	502 \pm 6

Sumber : Jati dan Santosa (2005)

Sementara itu, tingginya nilai kalor briket juga menunjukkan tingginya nilai perpindahan panas. Karena briket yang memiliki nilai kalor tinggi dapat mengubah temperatur air lebih tinggi daripada briket yang memiliki nilai kalor yang lebih rendah. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengujian nilai kalor briket dimana

semakin tinggi nilai kalor briket menunjukkan semakin tinggi juga selisih temperatur air sebelum dan sesudah dilakukan pembakaran briket di dalam bom kalorimeter.

Nilai kalor briket pada penelitian ini berkisar antara 6451,61 kalori/gram sampai 6612,428 kalori/gram. Apabila dibandingkan dengan standar kualitas briket arang buatan Jepang (6000-7000 kalori/gram), Amerika (6230 kalori/gram), Inggris (7289 kalori/gram), dan Indonesia (6814 kalori/gram), maka briket hasil penelitian ini hanya memenuhi syarat standar kualitas briket buatan Jepang dan Amerika, tetapi tidak memenuhi syarat standar kualitas briket buatan Inggris dan Indonesia.

4.1.3 Pengujian kadar abu

Sesuai dengan ASTM D 5142 kadar abu dapat diperoleh dari perhitungan berat cawan dengan abu sisa pengujian dikurangi berat cawan kosong dan dibagi dengan berat briket sebelum dilakukan pengujian dikalikan 57,586 %. Sebagai contoh perhitungan kadar abu pada briket dengan perlakuan tekanan pencetakan P 86,379 adalah sebagai berikut :

Berat cawan dengan abu (F) = 38,90 gram

Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram

Berat sampel (W) = 1 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 57,586\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,90 - 38,84}{1} \times 57,586\%$$

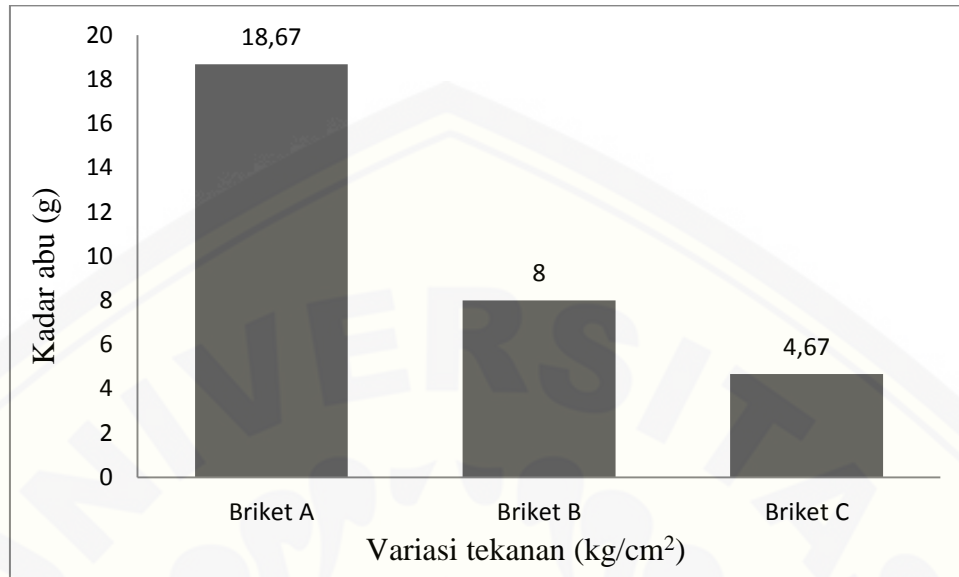
$$Kadar\ abu\ (\%) = 6\%$$

Setelah dilakukan pengujian, diketahui data kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan sampel seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Berat cawan kosong (gram)	Berat sampel (gram)	Berat cawan dengan abu (gram)	Berat abu (gram)	Kadar abu (%)
1.	Briket A	38,84	1	39,08	0,24	24
2.	Briket A	38,84	1	39,04	0,20	20
3.	Briket A	38,84	1	38,96	0,12	12
Rata-rata		38,84	1	39,026	0,186	18,67
1.	Briket B	38,84	1	38,90	0,06	6
2.	Briket B	38,84	1	38,92	0,08	8
3.	Briket B	38,84	1	38,94	0,10	10
Rata-rata		38,84	1	38,92	0,08	8
1.	Briket C	38,84	1	38,90	0,06	6
2.	Briket C	38,84	1	38,88	0,04	4
3.	Briket C	38,84	1	38,88	0,04	4
Rata-rata		38,84	1	38,886	0,467	4,67

Dari tabel diketahui bahwa kadar abu briket untuk setiap variasi tekanan menunjukkan perbedaan, dimana kadar abu briket dengan variasi tekanan 57,586 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 24 %, percobaan ke-2 adalah 20 %, dan percobaan ke-3 adalah 12 %, dengan rata-rata kadar abunya adalah sebesar 18,67 %. Sedangkan kadar abu briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 6 %, percobaan ke-2 adalah 8 %, dan percobaan ke-3 adalah 10 %, dengan rata-rata kadar abunya adalah sebesar 8 %. Dan untuk kadar abu briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 6 %, percobaan ke-2 adalah 4 %, dan percobaan ke-3 adalah 4 %, dengan rata-rata kadar abunya adalah sebesar 4,67 %.



Gambar 4.4 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon

Berdasarkan grafik diperoleh data rata-rata kadar abu briket dengan variasi tekanan pencetakan 57,586 kg/cm² sebesar 18,67 %, briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² sebesar 8 %, dan briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² sebesar 4,67 %. Dari gambar dapat diketahui bahwa semakin tinggi tekanan pencetakan maka kadar abu briket semakin rendah. Kadar abu dipengaruhi oleh kerapatan briket arang limbah serbuk kayu sengon. Semakin tinggi kerapatan briket maka kadar abunya semakin rendah. Sudrajat (1984) menjelaskan bahwa briket arang yang berasal dari bahan baku yang berkerapatan rendah akan menghasilkan kadar abu yang lebih tinggi. Briket dengan perlakuan tekanan pencetakan 115,172 kg/cm² memiliki kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan briket dengan perlakuan tekanan pencetakan 57,586 kg/cm². Hal ini jelas bahwa briket yang menerima perlakuan tekanan pencetakan 115,172 kg/cm² memiliki kadar abu yang lebih sedikit dibandingkan briket yang menerima perlakuan tekanan pencetakan 57,586 kg/cm².

Akan tetapi, kadar abu rendah pada penelitian ini menunjukkan pembakaran briket yang mendekati sempurna karena pada briket yang memiliki kadar abu tinggi

masih terdapat karbon atau arang yang tidak terbakar dan hal ini ditunjukkan dengan serbuk yang berwarna hitam pada saat pengujian, seperti terlihat pada gambar 4.5.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.5 Hasil pengujian kadar abu briket A (a), briket B (b), dan briket C (c)

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa briket C memiliki arang yang tidak terbakar (*fixed carbon*) paling sedikit jika dibandingkan dengan briket A dan briket B. Hal ini dikarenakan briket C memiliki kadar air paling rendah sehingga memungkinkan briket C terbakar sempurna ketika dilakukan pembakaran.

Kadar abu pada penelitian ini berkisar antara 4,67 % sampai 18,67 %. Apabila dibandingkan dengan standar kualitas briket arang buatan Jepang (3-6 %), Amerika (8,3 %), Inggris (5,9 %), dan Indonesia (5,51 %), maka hanya briket dengan variasi tekanan pencetakan 115,172 kg/cm² yang memenuhi syarat standar kualitas briket arang buatan Jepang, Amerika, Inggris, dan Indonesia, sedangkan briket dengan variasi tekanan pencetakan 57,586 kg/cm² dan 86,379 kg/cm² tidak memenuhi syarat standar kualitas briket arang buatan Jepang, Amerika, Inggris maupun Indonesia.

4.1.4 Pengujian kadar air

Sesuai dengan ASTM D 5142 kadar abu dapat diperoleh dari perhitungan berat briket sebelum dioven dikurangi berat briket setelah dioven dan dibagi berat

briket sebelum dioven dikalikan 57,586 %. Sebagai contoh perhitungan kadar abu pada briket dengan perlakuan tekanan pencetakan P 115,172 adalah sebagai berikut :

Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,74 gram

Berat briket setelah dioven (X2) = 8,64 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 57,586\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,74 - 8,64}{9,74} \times 57,586\%$$

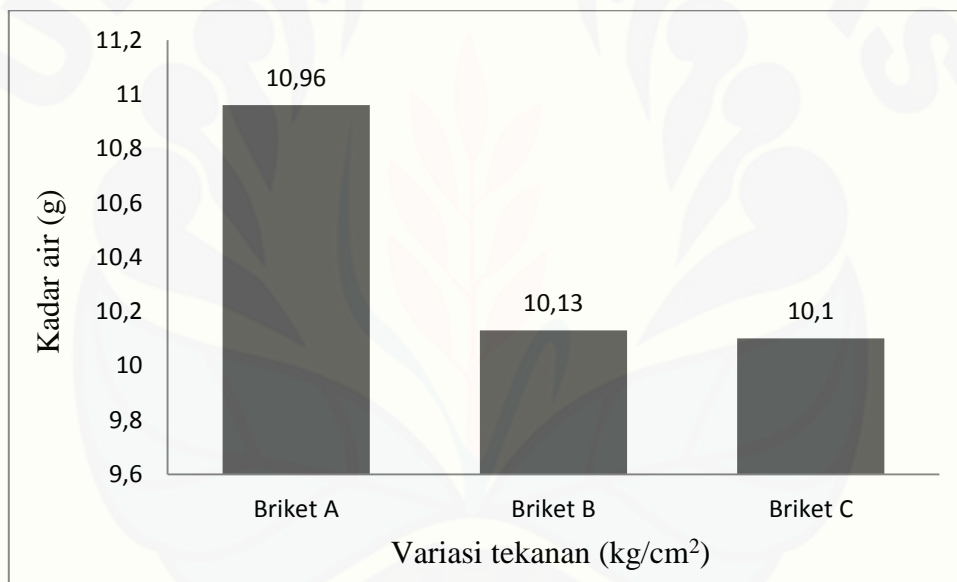
$$Kadar\ air = 11,29\%$$

Setelah dilakukan pengujian, diketahui data kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan sampel seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Berat briket sebelum dioven (gram)	Berat briket setelah dioven (gram)	Kadar air (%)
1.	Briket A	9,74	8,64	11,29
2.	Briket A	9,78	8,74	10,63
3.	Briket A	9,84	8,76	10,97
Rata-rata		9,79	8,71	10,96
1.	Briket B	9,46	8,44	10,78
2.	Briket B	9,48	8,54	9,91
3.	Briket B	9,48	8,56	9,70
Rata-rata		9,47	8,51	10,13
1.	Briket C	9,02	8,08	10,42
2.	Briket C	9,20	8,26	10,21
3.	Briket C	9,10	8,22	9,67
Rata-rata		9,11	8,19	10,1

Dari tabel diketahui bahwa kadar air briket untuk setiap variasi tekanan menunjukkan perbedaan, dimana kadar air briket dengan variasi tekanan 57,586 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 11,29 %, percobaan ke-2 adalah 10,63 %, dan percobaan ke-3 adalah 10,97 %, dengan rata-rata kadar airnya adalah sebesar 10,96 %. Sedangkan kadar air briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 10,78 %, percobaan ke-2 adalah 9,91 %, dan percobaan ke-3 adalah 9,70 %, dengan rata-rata kadar airnya adalah sebesar 10,13 %. Dan untuk kadar air briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² pada percobaan ke-1 adalah 10,42 %, percobaan ke-2 adalah 10,21 %, dan percobaan ke-3 adalah 9,67 %, dengan rata-rata kadar abunya adalah sebesar 10,1 %.



Gambar 4.6 Grafik hubungan variasi tekanan pencetakan terhadap kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon

Berdasarkan grafik diperoleh data rata-rata kadar air briket dengan variasi tekanan pencetakan 57,586 kg/cm² sebesar 10,96 %, briket dengan variasi tekanan 86,379 kg/cm² sebesar 10,13 %, dan briket dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm² sebesar 10,1 %. Dari gambar dapat diketahui bahwa semakin tinggi tekanan pencetakan maka kadar air briket semakin rendah. Hal ini disebabkan pada saat

pencetakan, air akan terbang dalam jumlah tertentu. Sehingga semakin tinggi tekanan pencetakan, maka air yang ada pada briket akan banyak terbang.

Kadar air pada penelitian ini berkisar antara 10,1 % sampai 10,96 %. Apabila dibandingkan dengan standar kualitas briket arang buatan Jepang (6-8 %) Amerika (6,2 %), Inggris (3,6 %), dan Indonesia (7,57 %), maka kadar air briket hasil penelitian ini tidak memenuhi syarat. Kadar air dalam pembuatan briket diharapkan serendah mungkin agar tidak menurunkan nilai kalor, tidak sulit dalam penyalaan, dan briket tidak banyak mengeluarkan asap pada saat penyalaan (Triono A, 115,1726). Akan tetapi, kadar air yang terlalu rendah dapat mengurangi kinerja dari perekat tapioka sehingga berpengaruh pada kualitas kepadatan briket (Virgiawan, 2014).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan tekanan pencetakan menaikkan nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, rata-rata nilai kalor tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 6612,428 kalori/gram pada briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm².
2. Tekanan pencetakan memiliki pengaruh terhadap kadar abu briket. Semakin tinggi tekanan pencetakan, maka kadar abu briket semakin sedikit. Rata-rata kadar abu terendah yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebesar 4,67 %, yaitu pada briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm². Akan tetapi, kadar abu rendah pada penelitian ini menunjukkan pembakaran briket yang semakin sempurna karena pada briket yang memiliki kadar abu tinggi masih terdapat karbon atau arang yang tidak terbakar dan hal ini ditunjukkan dengan serbuk yang berwarna hitam pada saat pengujian. Dari hasil penelitian diketahui bahwa briket C memiliki arang yang tidak terbakar (*fixed carbon*) paling sedikit jika dibandingkan dengan briket A dan briket B. Hal ini dikarenakan briket C memiliki kadar air paling rendah sehingga memungkinkan briket C terbakar sempurna ketika dilakukan pembakaran.
3. Rendahnya kadar air dipengaruhi oleh penambahan tekanan pencetakan briket. Semakin tinggi tekanan cetak maka kadar air semakin rendah. Rata-rata kadar air terendah yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebesar 10,1 %, yaitu pada briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan 115,172 kg/cm².

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Diperlukan pengujian tekanan pencetakan briket dengan tekanan yang lebih besar lagi agar diperoleh nilai kalor maksimum yang dapat dicapai untuk variasi tekanan.
2. Diperlukan pengujian gas buang hasil pembakaran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. 1991. *Energi dan Listrik Pertanian*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Atria, M., Yuli, N., dan Sutrisna, M. 2002. *Optimasi Beberapa Faktor Fisik terhadap Laju Degradasi Sellulosa Kayu Albasia dan Karbonsimetil Sellulosa secara Enzimetik oleh Jamur*.
- Cory, Y. D. 2001. *Pengaruh Kadar Perekat dan Tekanan Kempa terhadap Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Serasah Daun Acacia Mangium Willd*. Fakultas Kehutanan: Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Institut Pertanian Bogor.
- Fauzan, A. 1988. *Pengaruh Variasi Tekanan Pengempaan dan Temperatur Pemanasan terhadap Sifat Termofisik Briket Sekam Padi dan Kulit Kacang Tanah*. Fakultas Teknologi Industri: Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hendra, D. dan I. Winarni. 2003. *Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu*. Buletin Penelitian Hasil Hutan. 21(3) : 211 – 226. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Himawanto, D. A. 2005. *Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Sampah Kota*. Vol. 6. No. 2. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta.
- Jamilatun, S. 2008. *Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu*. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 2, No. 2. Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Januardi, I. P. H. 1989. *Pengaruh Tekanan Pengempaan dan Jenis Perekat terhadap Briket Arang dengan Bahan Baku Arang Pasar*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Jati, B. M. E. dan Santoso, A. B. 2005 *Penentuan Kalor Bakar Arang dari Sejumlah Jenis Kayu dan Lama Pirolisis*. Jurnal Fisika Indonesia. 9 (28) : 165-174. <http://i-lib.ugm.ac.id>.
- Kadir, A. 1995. *Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi*. Cet. 1. Edisi kedua/revisi. Jakarta: Universitas Indonesia (UI Press).
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Paraserienthes falcataria* (L.) Nielsen: ekologi, silvikultur dan produktivitas. Bogor: CIFOR. Indonesia.

- Kurniawan, E. 2012. *Model Matematis Laju Pembakaran Biobriket Campuran Sampah Organik dan Bungkil Jarak (Jatropha Curcas L)*. Fakultas Teknik: Jurusan Teknik Kimia. Universitas Malilkussaleh.
- Masturin, A. 2002. *Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Arang Limbah Gergajian Kayu*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Naim, D., Saputro, D. D., Rusiyanto. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon pada Tekanan Kompaksi 5000 PSIG*. Fakultas Teknik: Jurusan Teknik Mesin. Universitas Negeri Semarang.
- Ndraha, N. 2009. *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu terhadap Mutu yang Dihasilkan*. Fakultas Pertanian: Departemen Teknologi Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Nugraha, J. R. 2013. *Karakteristik Termal Briket Arang Ampas Tebu dengan Variasi Bahan Perikat Lumpur Lapindo*. Fakultas Teknik: Jurusan Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Patabang, D. 2012. *Karakteristik Termal Briket Arang Sekam Padi dengan Variasi Bahan Perikat*. Jurnal Mekanikal. Vol. 3, No. 2. Hal 286-292. Fakultas Teknik: Jurusan Teknik Mesin. Universitas Tadulako.
- Ruhendi, S., Koroh, D. N., Syahmani, F. A., Yanti, H., Nurhida, Saad, Sucipto, T. 2007. *Analisis Perekatan Kayu*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Saptoadi, H. 2008. *The best biobriquette dimension and its particle size*. Asian J. Energy Environ., Vol 9, issue 3 and 4. Departement of Mechanical and Industrial Engineering Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Saputro, D. D., Widayat W., Rusiyanto, Saptoadi H., Fauzun, 2012. *Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas*. Yogyakarta: IST AKPRIND. SNAST Periode III.
- Satmoko, M. E. A., Saputro, D. D., Budiyono, A. 2013. *Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas*. Fakultas Teknik: Jurusan Teknik Mesin. Universitas Negeri Semarang.
- Subroto, Himawanto, D. A., Sartono. 2007. *Pengaruh Variasi Tekanan Pengepresan terhadap Karakteristik Mekanik dan Karakteristik Pembakaran Briket Kokas Lokal*. JURNAL TEKNIK GELAGAR. Vol. 18. No. 01.

- Sumangat, S dan Broto, W. 2009. *Kajian Teknis dan Ekonomis Pengolahan Briket Bungkil Biji Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Tungku*. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian. Vol. 5.
- Triono, A. 2006. *Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (Maesopsis eminii Engl.) dan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L.)*. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Virgiawan, S. 2014. *Karakteristik Pembakaran Arang Ampas Tebu akibat Ukuran Partikel Briket*. Fakultas Teknik: Jurusan Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Wijayanti, D. S. 2009. *Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Yuniarti, Theo, Y. P., Faizal, Y., Arhamsyah. 2011. *Briket Arang dari Serbuk Gergajian Kayu Meranti dan Arang Kayu Galam*. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan. Vol. 3. No. 2. Hal 37-42.

LAMPIRAN A. TABEL DATA

Tabel A.1 Data hasil pengamatan dimensi briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (mm ³)
1.	Briket A	30	34	24021
2.	Briket A	30	34	24021
3.	Briket A	30	36	25434
Rata-rata		30	34,7	24492
1.	Briket B	30	30	21195
2.	Briket B	30	31	21901,5
3.	Briket B	30	30	21195
Rata-rata		30	30,3	21430,5
1.	Briket C	30	27	19075,5
2.	Briket C	30	27	19075,5
3.	Briket C	30	27	19075,5
Rata-rata		30	27	19075,5

Tabel A.2 Data hasil pengujian nilai kalor briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan



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	Nilai Kalor (Calori / Gram)
1	p 100	6435.355
2	p 100	6483.721
3	p 100	6435.755
4	p 150	6483.621
5	p 150	6531.986
6	p 150	6532.086
7	p 200	6628.617
8	p 200	6580.351
9	p 200	6628.317

Malang, 26 Agustus 2015
 Laboran Lab. Motor Bakar



Eko Slamet Mujiyanto
NIK. 810228 06 2 1 0175

Tabel A.3 Data hasil pengujian kadar abu briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Berat cawan kosong (gram)	Berat sampel (gram)	Berat cawan dengan abu (gram)	Berat abu (gram)	Kadar abu (%)
1.	Briket A	38,84	1	39,08	0,24	24
2.	Briket A	38,84	1	39,04	0,20	20
3.	Briket A	38,84	1	38,96	0,12	12
Rata-rata		38,84	1	39,026	0,186	18,67
1.	Briket B	38,84	1	38,90	0,06	6
2.	Briket B	38,84	1	38,92	0,08	8
3.	Briket B	38,84	1	38,94	0,10	10
Rata-rata		38,84	1	38,92	0,08	8
1.	Briket C	38,84	1	38,90	0,06	6
2.	Briket C	38,84	1	38,88	0,04	4
3.	Briket C	38,84	1	38,88	0,04	4
Rata-rata		38,84	1	38,886	0,467	4,67

Tabel A.4 Data hasil pengujian kadar air briket arang limbah serbuk kayu sengon dengan variasi tekanan

No.	Nama bahan	Berat briket sebelum dioven (gram)	Berat briket setelah dioven (gram)	Kadar air (%)
1.	Briket A	9,74	8,64	11,29
2.	Briket A	9,78	8,74	10,63
3.	Briket A	9,84	8,76	10,97
Rata-rata		9,79	8,71	10,96
1.	Briket B	9,46	8,44	10,78

2.	Briket B	9,48	8,54	9,91
3.	Briket B	9,48	8,56	9,70
Rata-rata		9,47	8,51	10,13
1.	Briket C	9,02	8,08	10,42
2.	Briket C	9,20	8,26	10,21
3.	Briket C	9,10	8,22	9,67
Rata-rata		9,11	8,19	10,1



LAMPIRAN B. PERHITUNGAN

B.1 Perhitungan menentukan tekanan pencetakan briket

- Variasi tekanan dongkrak, P1 = 100 kg/ cm²
 P2 = 150 kg/ cm²
 P3 = 200 kg/ cm²
- Diameter piston besar dongkrak = 22,50 mm
- Jari-jari piston besar dongkrak = 11,25 mm
- Diameter dies pejal cetakan = 29,65 mm
- Jari-jari dies pejal cetakan = 14,825 mm

Menghitung luas penampang piston besar dongkrak

$$A_p = \pi.r^2 = 3,14 \times (11,25)^2 = 397,406 \text{ mm}^2 = 3,97406 \text{ cm}^2$$

Menghitung luas penampang dies pejal cetakan

$$A_d = \pi.r^2 = 3,14 \times (14,825)^2 = 690,111 \text{ mm}^2 = 6,90111 \text{ cm}^2$$

Menghitung gaya dorong dongkrak (F1)

$$P1 = F1 / A_p$$

$$F1 = P1. A_p = 100 \times 3,97406 = 397,406 \text{ kg}$$

Menghitung gaya dorong dongkrak (F2)

$$P2 = F2 / A_p$$

$$F2 = P2. A_p = 150 \times 3,97406 = 596,109 \text{ kg}$$

Menghitung gaya dorong dongkrak (F3)

$$P3 = F3 / A_p$$

$$F3 = P3. A_p = 200 \times 3,97406 = 794,812 \text{ kg}$$

Menghitung tekanan briket dengan tekanan dongkrak 100 kg/ cm²

$$P \text{ Briket } A = F1 / A_d = 397,406 / 6,90111 = 57,586 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung tekanan briket dengan tekanan dongkrak 150 kg/ cm²

$$P \text{ Briket } B = F2 / A_d = 596,109 / 6,90111 = 86,379 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung tekanan briket dengan tekanan dongkrak 200 kg/ cm²

$$P \text{ Briket } C = F3 / A_d = 794,812 / 6,90111 = 115,172 \text{ kg/cm}^2$$

B.2 Perhitungan untuk kadar abu

Percobaan ke-1 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 100 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 39,08 gram

$$Kadar \text{ abu } (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar \text{ abu } (\%) = \frac{39,08 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar \text{ abu } (\%) = 24 \%$$

Percobaan ke-2 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 100 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 39,04 gram

$$Kadar \text{ abu } (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar \text{ abu } (\%) = \frac{39,04 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar \text{ abu } (\%) = 20 \%$$

Percobaan ke-3 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 100 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,96 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,96 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 12\ \%$$

Percobaan ke-1 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 150 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,90 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,90 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 6\ \%$$

Percobaan ke-2 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 150 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,92 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,92 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 8\ \%$$

Percobaan ke-3 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 150 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram

- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,94 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,94 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 10\%$$

Percobaan ke-1 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 200 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,90 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,90 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 6\%$$

Percobaan ke-2 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 200 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,88 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,88 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 4\%$$

Percobaan ke-3 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 200 kg/cm² :

- Berat cawan kosong (G) = 38,84 gram
- Berat sampel (W) = 1 gram
- Berat cawan dengan abu (F) = 38,88 gram

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{38,88 - 38,84}{1} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu\ (\%) = 4\%$$

B.3 Perhitungan untuk kadar air

Percobaan ke-1 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 100 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,74 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,64 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,74 - 8,64}{9,74} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 11,29\%$$

Percobaan ke-2 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 100 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,78 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,74 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,78 - 8,74}{9,78} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 10,63\%$$

Percobaan ke-3 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 100 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,84 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,76 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,84 - 8,76}{9,84} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 10,97\%$$

Percobaan ke-1 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 150 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,46 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,44 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,46 - 8,44}{9,46} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 10,78 \%$$

Percobaan ke-2 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 150 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,48 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,54 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,48 - 8,54}{9,48} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 9,91 \%$$

Percobaan ke-3 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 150 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,48 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,56 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,48 - 8,56}{9,48} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 9,70 \%$$

Percobaan ke-1 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 200 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,02 gram
- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,08 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,02 - 8,08}{9,02} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 10,42\%$$

Percobaan ke-2 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 200 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,20 gram

- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,26 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,20 - 8,26}{9,20} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 10,21\%$$

Percobaan ke-3 untuk briket dengan perlakuan tekanan cetak 200 kg/cm² :

- Berat briket sebelum dioven (X1) = 9,10 gram

- Berat briket setelah dioven (X2) = 8,22 gram

$$Kadar\ air = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{9,10 - 8,22}{9,10} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = 9,67\%$$

LAMPIRAN C. FOTO PENELITIAN



Gambar C.1 Tungku karbonasi



Gambar C.2 Alat pencetak briket



Gambar C.3 Ayakan 70 mesh



Gambar C.4 Termokontrol



Gambar C.5 Timbangan digital



Gambar C.6 Oven listrik



Gambar C.7 Briket arang limbah
Serbuk kayu sengon



Gambar C.8 Bom kalorimeter



Gambar C.9 *Oxygen bomb*



Gambar C.10 *Fuse wire*



Gambar C.11 Hasil pengujian kadar abu tertinggi briket P 100



Gambar C.12 Hasil pengujian kadar abu terendah briket P 200



Gambar C.13 Hasil pengujian kadar air tertinggi P 100



Gambar C.14 Hasil pengujian kadar air terendah P 200



Gambar C.15 Pengukuran diameter piston besar dongkrak hidrolik



Gambar C.15 Pengukuran diameter dies pejal cetakan