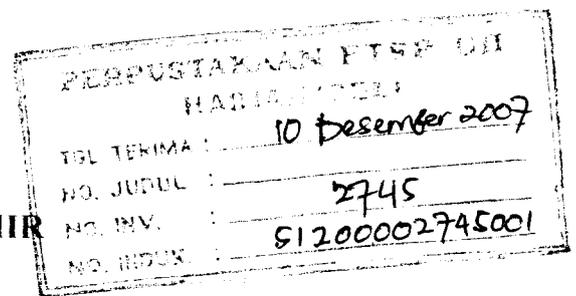


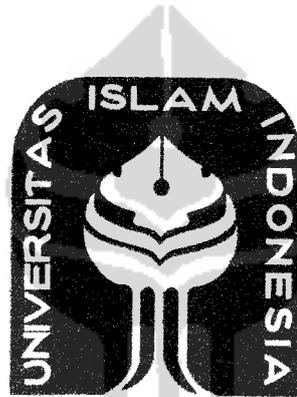
TA/TL/2007/0179

TUGAS AKHIR



**PENGARUH TEKANAN KEMPA TERHADAP SIFAT FISIK  
DAN KIMIA ARANG BRIKET DENGAN BAHAN  
CAMPURAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI  
(*Tectona grandis*) DAN SEKAM PADI**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi  
sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat  
sarjana strata – I Teknik Lingkungan



*Disusun oleh:*

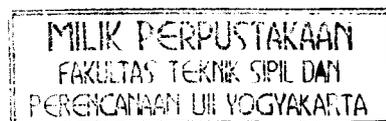
**INDRIYANI NUR PRATIWI**

01 513 018

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2007**



HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH TEKANAN KEMPA TERHADAP SIFAT  
FISIK DAN KIMIA ARANG BRIKET DENGAN  
BAHAN CAMPURAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI  
(*Tectona gradis*) DAN SEKAM PADI**

Nama : INDRIYANI NUR PRATIWI  
No. Mahasiswa : 01 513 018  
Program Studi : Teknik Lingkungan



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

**H. Ir. Kasam, MT**

Dosen Pembimbing II

**Dr.Ir.J.P. Gentur Sutapa, M.Sc**

  
Tanggal : 17/9/2007

  
Tanggal : 17/9/2007

**PENGARUH TEKANAN KEMPA TERHADAP SIFAT FISIK – KIMIA  
ARANG BRIKET DENGAN BAHAN CAMPURAN SERBUK GERGAJI  
KAYU JATI (*Tectona grandis*) DAN SEKAM PADI**

**INTISARI**

Penelitian ini memanfaatkan bahan limbah pertanian yang banyak dihasilkan di negara agraris seperti Indonesia yaitu sekam padi dan limbah gergajian kayu jati yang selama ini kurang dimanfaatkan secara optimal. Produk arang briket ini diharapkan bisa menjadi energi alternatif. Penelitian pembuatan arang briket ini dilakukan untuk mengetahui kualitas arang briket yang berupa sifat fisik arang briket yaitu kadar air, nilai kalor dan sifat kimia arang briket yaitu kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon terikat serta membandingkannya dengan kualitas arang briket hasil penelitian dengan standar kualitas arang briket dari negara Jepang dan Inggris.

Bahan baku pembuatan arang briket berupa serbuk gergaji dan sekam padi. Ogalith dibuat dari serbuk sebanyak 50 gram dengan komposisi bahan 50% serbuk gergaji dan 50% sekam padi, dikempa panas pada suhu 250°C dengan tekanan kempa 3000 pond, 4000 pond, dan 5000 pond kemudian diarangkan pada retort selama 4 jam setelah proses pengarangan kemudian dilakukan pengujian kualitas arang briket berupa sifat fisik yaitu kadar air dan nilai kalor sedang untuk sifat kimia yaitu kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon terikat.

Hasil penelitian ini diperoleh informasi nilai kadar air arang briket berkisar antara 3,39% - 3,53%, dan nilai kalor 7325,82 kal/gram – 7439,47 kal/gram, sedangkan sifat kimia arang briket diperoleh hasil berupa kadar zat mudah menguap 19,58% - 24,978%, kadar abu 27,89% - 34,74%, dan kadar karbon terikat 42,41% - 43,61%. Hasil penelitian ini belum sepenuhnya memenuhi standar Jepang dan standar Inggris.

Kata kunci : serbuk gergaji, sekam padi, tekanan kempa, dan sifat fisik–kimia arang briket

**THE EFFECT OF SQUEEZING FORCE TO THE PHYSICAL-CHEMICAL  
PROPERTIES OF BRICKED CHARCOAL WITH ADDITION OF SAWDUST  
(*Tectona grandis*) AND CHAFF MIX**

**ABSTRACT**

This research was made use of agricultural waste that can be found, in myriad, anywhere in Indonesia, which were sawdust from teak and chaff.

This research was performed to know the bricked charcoal quality in term of physical properties water content and heat value and chemical properties dust content, volatility, and carbon bind rate, compared to the quality standard of bricked charcoal in Japan and British.

The raw materials in bricked charcoal production were sawdust and chaff. Ogalith was produced from the dust by 50 gram, with composition 50% sawdust and 50% chaff. This materials were squeezing in the temperature by 250°C with squeezing force by 3000 pound, 4000 pound, and 5000 pound, then it was processed to be charcoal in retort for 4 hours. Following the charcoalization, the quality tests that consist of physical properties water content and heat value test and chemical properties dust content, volatility, and test were performed.

Result of this research suggesting that water content of the bricked charcoal was 3.39%-3.53%; heat value was from 7325.82 cal/gram-7439.47 cal/gram. While the chemical properties test of the bricked charcoal revealing the volatility by 19.58%-24.978%, dust content from 27.89-34.74% and carbon bind rate was 42,41%-43.61%. This result was insufficiently complying with the Japan and British standards.

Keywords: sawdust, chaff, squeezing force, chemical and physical properties.

## *HALAMAN PERSEMBAHAN*

*Dengan mengucap syukur alhamdulillah kepada Allah SWT  
Kupersembahkan sebuah karya kecil ini teruntuk ;*

*Bapak dan Ibu tercinta*

*Kakak dan Keponakanku tersayang*

*Terimakasih atas kasih sayang, cinta dan doa yang tiada  
tara.....*

## *Thanks to :*

- **ALLAH SWT**, *Alhamdulillah..... atas semua anugrah terindah yang telah kau limpahkan kepadaku*
- **Keluargaku** *tercinta...atas dukungan, " pengertian" dan doanya yang tiada henti*
- *Toek seseorang yang pernah singgah dihatiku, makasih ya kau tlah mengajarku banyak hal meskipun kita tak pernah sejalan*
- **Eno dan Nunik**, *akhirnya aku bisa itupun karena kalian berdua*
- *Sahabat - sahabat terbaik aku, makasih toek semuanya*
- *Toek temen-temen satu team ( **Bagoes ST, Arief ST, John ST n Anton cST**) akhirnya usai sudah perjuangan kita...*
- *Temen – temen **Enviro '01'** makasih toek semua kenangan, kekompakkan dan persahabatan yang abadi*
- *Temen "F-17" **Dian, Yudi, Bang Geshi, Kapti**, ..... makasih toek 16 januari-nya, **Dika** kapan kita hujan2an lagi.....*
- *Bpk Achmad " big family" 'kalasan' di sanalah aku mendapatkan banyak hal*
- *Dan semua temen-temen yang belum tersebut disini.....bukanlah karena suatu ketidakinginan namun karena semua telah terukir indah di hatiku....*

## MOTTO

"Barang siapa dibukakan baginya pintu kebaikan (rezeki) hendaklah memanfaatkan kesempatan itu (untuk berbuat baik) sebab dia tidak mengetahui kapan pintu itu akan ditutup baginya".

( HR.Abu Hanifah)

Orang – orang di antara mereka yang luas ilmunya serta orang – orang yang beriman selalu beriman kepada kitab yang diturunkan kepadamu dan kitab yang diturunkan sebelumnya. Mereka itu selalu mendirikan sholat, memberikan zakat dan beriman penuh kepada Allah serta hari akhir. Mereka itulah yang bakal Kami beri pahala yang sangat besar".

(Q.S.An Nisaa')

## KATA PENGANTAR



السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan nikmat kesehatan dan kemudahan bagi penulis selama melaksanakan Tugas Akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini penulis susun dalam rangka memenuhi salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menempuh jenjang S-1. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEd** selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. **Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. **Bapak Luqman Hakim, ST. Msi** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
4. **Bapak Kasam, ST. MT** selaku dosen Pembimbing I Tugas Akhir..
5. **Bapak Dr. Ir. J.P. Gentur Sutapa, M.Sc** selaku dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
6. **Bapak Eko Siswoyo, ST** selaku dosen pengajar Jurusan Teknik Lingkungan dan Koordinator Tugas Akhir.
7. **Bapak Hudori, ST, Bapak Andik Yulianto, ST, Ibu Any Juliani, ST** selaku dosen pengajar Jurusan Teknik Lingkungan.
8. **Mas Agus** yang selalu tabah direpotin masalah administrasi.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tentu tidak luput dari kesalahan ada pepatah mengatakan *Tidak Ada Gading Yang ta Retak*. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan masukan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan bahwa laporan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penilaian akhir dari Laporan Tugas Akhir.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Agustus 2007

INDRIYANI NUR PRATIWI

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ مُحَمَّدٌ عَبْدُهُ وَرَسُولُهُ

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Perumusan Masalah.....	5
1.3.Tujuan Penelitian .....	6
1.4.Manfaat Penelitian.....	6
1.5.Batas Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengolahan limbah padat .....	8
2.2 Kayu Sebagai Sumber Energi .....	9
2.3 Kayu Jati .....	10
2.3.1 Serbuk Gergaji.....	12
2.3.2 Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Baku Briket .....	14
2.3.3 Dampak Serbuk Gergaji Terhadap Lingkungan.....	16
2.4 Padi ( <i>Oryza Sativa</i> ) .....	17
2.4.1 Fungsi Tanaman Padi .....	18
2.4.2 Sekam Padi.....	19

2.4.2.1 Sekam Untuk Bahan Bakar Alternatif.....	20
2.5 Arang dan Arang Briket.....	21
2.5.1 Penggunaan Arang .....	22
2.5.2 Standar Kualitas Arang .....	24
2.5.3 Pengaruh Tekanan Kempa dan Komposisi Bahan Pada Arang Briket.....	29
2.6 Hipotesis.....	29
2.7 Rancangan Penelitian.....	29
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tahapan Pelaksanaan .....	31
3.2 Bahan Penelitian.....	32
3.3 Alat Penelitian.....	32
3.4 Pembuatan Briket.....	34
3.5 Pengarangan .....	35
3.6 Pengujian Kualitas Arang Briket.....	36
 <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA</b>	
4.1 Hasil Penelitian .....	41
4.1.1 Sifat Fisik .....	41
4.1.1.1 Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket .....	44
4.1.1.2 Kadar Air.....	43
4.1.2 Sifat Kimia .....	44
4.1.2.1 Kadar Abu .....	44
4.1.2.2 Kadar Zat Mudah Menguap .....	46
4.1.2.3 Kadar Karbon Terikat.....	47
 <b>BAB V PEMBAHASAN</b>	
5.1 Sifat fisik Arang Briket .....	49
5.1.1 Kadar Air.....	49
5.1.2 Nilai Kalor.....	50

5.2 Sifat Kimia Arang Briket .....	51
5.2.1 Kadar Abu .....	51
5.2.2 Kadar Zat Mudah Menguap .....	52
5.2.3 Kadar Karbon Terikat.....	53

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

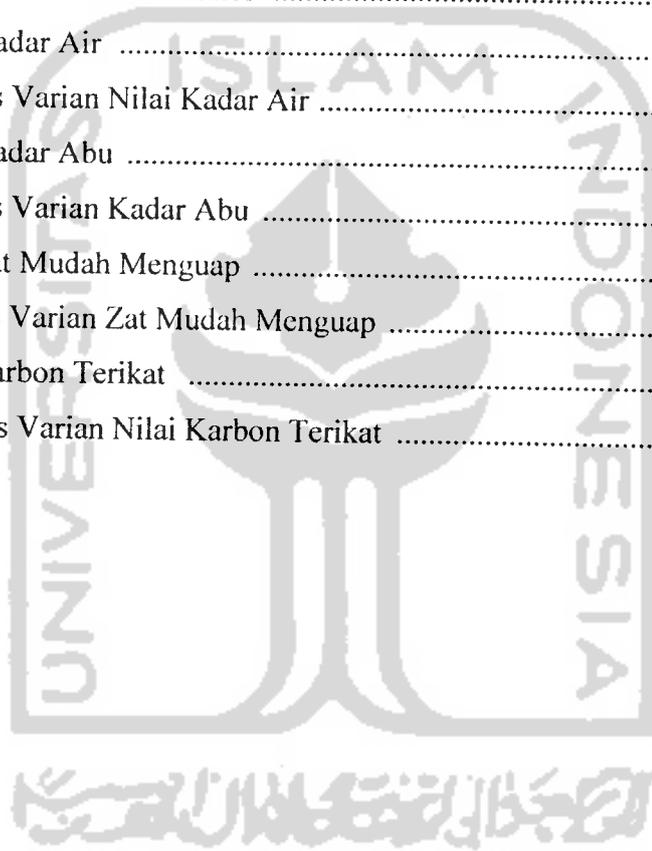
6.1 Kesimpulan.....	54
6.2 Saran.....	55

## **DAFTAR PUSTAKA**



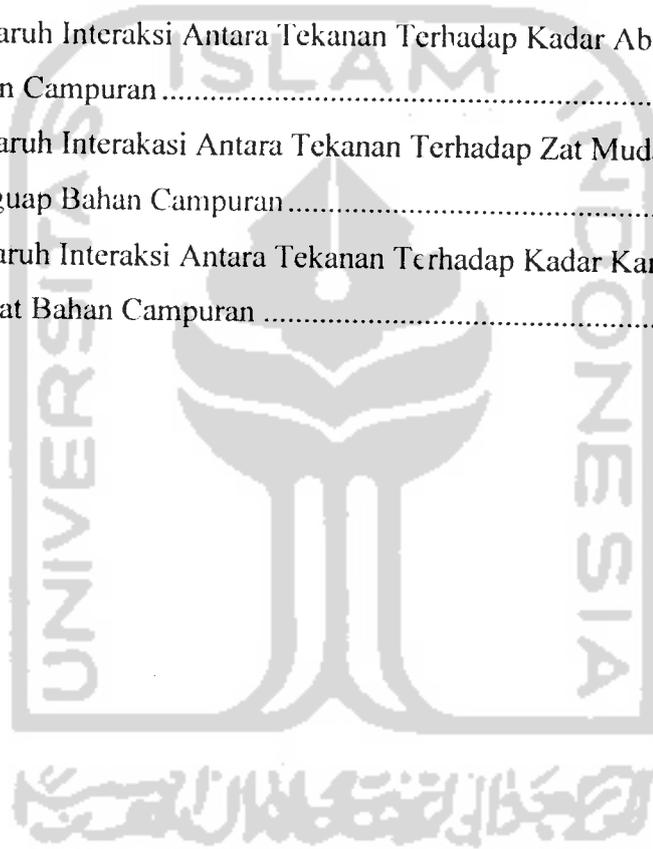
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Kualitas Arang Briket .....	25
Tabel 2.2 Nilai Kalor Rata – Rata Untuk Kayu Dan Kulit Kayu.....	26
Tabel 4.1 Nilai Kalor Dari Hasil Pembakaran Briket .....	41
Tabel 4.2 Analisis Varian Nilai Kalor .....	41
Tabel 4.3 Nilai Kadar Air .....	43
Tabel 4.4 Analisis Varian Nilai Kadar Air .....	43
Tabel 4.5 Nilai Kadar Abu .....	44
Tabel 4.6 Analisis Varian Kadar Abu .....	45
Tabel 4.7 Nilai Zat Mudah Menguap .....	46
Tabel 4.8 Analisis Varian Zat Mudah Menguap .....	46
Tabel 4.9 Nilai Karbon Terikat .....	47
Tabel 4.10 Analisis Varian Nilai Karbon Terikat .....	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tahapan Penelitian .....	40
Gambar 4.1 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Nilai Kalor Bahan Campuran .....	42
Gambar 4.2 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Kadar Air Bahan Campuran .....	44
Gambar 4.3 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Kadar Abu Bahan Campuran .....	45
Gambar 4.4 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Zat Mudah Menguap Bahan Campuran .....	47
Gambar 4.5 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Kadar Karbon Terikat Bahan Campuran .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Hasil Analisis Laboratorium
- LAMPIRAN 2 Standar Analisis Varian
- LAMPIRAN 3 Dokumentasi Penelitian
- LAMPIRAN 4 Lembar Asistensi



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupannya manusia tidak bisa dipisahkan dari upaya pemenuhan energi. Dari semua aspek kehidupan manusia, baik untuk keperluan rumah tangga, transportasi maupun kegiatan industri memerlukan energi untuk menggerakkannya. Sumber energi yang berasal dari minyak bumi maupun yang berasal dari non minyak bumi. Sampai saat ini sumber energi yang berasal dari minyak bumi paling banyak digunakan oleh masyarakat. Keberadaan sumber energi minyak bumi tidak dapat dipertahankan terus menerus karena minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Eksploitasi besar – besaran terhadap sumber energi minyak bumi telah menyebabkan cadangan minyak bumi dari tahun ke tahun semakin menipis sehingga suatu saat nanti akan habis. Untuk mengatasi permasalahan - permasalahan tersebut perlu dilakukan upaya pemanfaatan sumber energi lain terutama sumber energi yang dapat diperbaharui.

Jumlah minyak bumi semakin menipis dikarenakan laju pemakaian yang semakin meningkat hal ini menuntut dilaksanakan upaya penghematan terhadap penggunaannya. Fenomena tersebut harus memaksa mencari sumber energi yang lain yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif untuk menyediakan energi yang dibutuhkan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan yakni dapat

memanfaatkan bahan bakar briket arang yang dapat dibuat dari campuran sisa buangan seperti sekam padi maupun serbuk gergaji. Seiring dengan perkembangan zaman, pemilihan bahan alternatif cenderung digunakan untuk keperluan lain yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif untuk menyediakan energi yang dibutuhkan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan yakni dapat memanfaatkan bahan bakar briket arang yang dapat dibuat dari campuran sisa buangan seperti sekam padi maupun serbuk gergaji. Seiring dengan perkembangan zaman, pemilihan bahan alternatif cenderung digunakan untuk keperluan lain yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi dibanding dengan briket arang. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pemilihan bahan baku alternatif yang jumlahnya melimpah dan mempunyai sifat yang sama dengan bahan alternatif tersebut.

Energi Biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifat menguntungkan, yaitu sumber energi ini dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbarui. Sumber energi ini relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya alam.

Bahan briket dapat dibuat dari campuran limbah sekam padi dan serbuk gergaji, dalam hal ini pemilihan bahan sangat penting untuk meningkatkan kalor. Dimana mempunyai beberapa keunggulan diantaranya mudah menyerap kalor. Dalam pembuatan briket arang harus dilihat dari segi modifikasi komposisi dan segi bentuk briket arang itu sendiri.

Beberapa industri menggunakan bahan limbah campuran sekam padi dan serbuk gergaji sebagai bahan baku, yang mana limbah sisa pengolahan bahan tersebut dengan mudah didapat dan dalam jumlah yang cukup banyak. Limbah buangan sekam padi dan serbuk gergaji hingga saat ini masih ada yang dibiarkan menimbun dan berlebih sehingga mengganggu lingkungan.

Potensi sekam padi di Indonesia sangat besar dan sampai saat ini baru sedikit sekali yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar berguna. Indonesia sebagai salah satu penghasil beras dengan kapasitas produksi yang diperkirakan tidak kurang dari 30 juta ton/tahun, akan menghasilkan sekam padi sebanyak kurang lebih 13 juta ton/tahun. Berdasarkan data potensi sekam padi di atas, maka perlu dilakukan pemanfaatan sekam padi sebagai salah satu sumber energi/bahan bakar alternatif.

Pengembangan pemanfaatan sekam padi sebagai bahan bakar di pedesaan terutama di daerah padat penduduk seperti di Jawa dan Bali akan dapat diperoleh keuntungan, antara lain Hartoyo (1983) dalam Bowo (2004):

1. Mengurangi pemakaian kayu bakar oleh sebagian masyarakat pedesaan dan secara tidak langsung dapat juga membantu upaya pencegahan laju dan kerusakan hutan apabila penyediaan kayu bakar tidak mencukupi di daerah tersebut; dan
2. Sekam padi dapat dihasilkan sepanjang tahun dalam jumlah yang cukup besar dan tersedia di tempat – tempat yang tidak jauh dari pemukiman penduduk.

energi biomas lainnya, sumber energi biomas masih merupakan salah satu sumber energi yang penting dan perlu mendapat perhatian dari pemerintah Indonesia.

Pada umumnya arang dibuat dengan menggunakan bahan baku kayu. Soeparno (1995) mengemukakan bahwa kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang adalah kayu yang memiliki berat jenis, kerapatan, dan kekerasan yang tinggi. Pada umumnya dipilih kayu yang mempunyai berat jenis 0,6 - 0,7 dengan kadar air berkisar antara 30% - 40%. Saat ini limbah pertanian dan limbah industri pengolahan kayu mulai dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang.

Berdasarkan kenyataan tersebut serta berdasar data potensi limbah serbuk gergaji dan padi (sekam), maka perlu dilakukan usaha pemanfaatan sebagai salah satu sumber energi alternatif yaitu dengan pembuatan arang briket dimana bahan tersebut saling berkomposisi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Untuk memberikan uraian yang jelas, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah bahan dari campuran serbuk gergaji dan sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif ?
2. Bagaimana pengaruh tekanan kempa terhadap karakteristik arang briket ?
3. Apakah mutu arang briket hasil penelitian sesuai dengan standar Jepang dan Inggris ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Pada kegiatan penelitian ini, maka tujuan penelitian yang diharapkan bisa tercapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh tekanan kempa terhadap sifat fisik dan kimia arang briket dari bahan campuran serbuk gergaji dan sekam padi;
2. Mengetahui sifat - sifat fisik dan kimia arang briket; dan
3. Menentukan kesesuaian mutu arang briket hasil penelitian dengan standar Jepang dan Inggris.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan penelitian ini, diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memanfaatkan sumber daya alam (serbuk gergaji dan sekam padi) sebagai energi alternatif; dan
2. Dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi peneliti mengenai arang briket.

### 1.5 Batas Penelitian

Untuk membatasi kajian dan batasannya, maka penelitian ini dikhususkan membahas mengenai :

1. Pengujian sifat fisik dan kimia arang briket dengan bahan campuran serbuk gergaji dan sekam padi; dan

2. Tekanan kempa yang digunakan dalam proses kempa adalah 3000 pond, 4000 pond, dan 5000 pond (815 psi, 1087 psi, 1359 psi), dengan suhu 400°F (250°C) selama 15 menit/sampel.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengolahan Limbah Padat

Macam - macam pengolahan limbah padat dapat didasarkan pada beberapa kriteria, yaitu didasarkan pada proses terjadinya, sifat, jenis, karakteristik dari limbah padat tersebut. Penggolongan limbah padat tersebut perlu diketahui sebagai dasar dalam penanganan serta pemanfaatan dari limbah padat tersebut.

Menurut Ircham (1992) dalam Asti (2006), penanganan limbah padat dapat dilakukan melalui proses penanganan sebagai berikut:

1. *Open Dumping*

Merupakan penanganan limbah padat melalui pembuangan pada tempat pembuangan akhir secara terbuka.

2. *Reuse* (Pakai Ulang)

Merupakan penanganan limbah padat melalui penggunaan kembali seperti: penggunaan botol minuman.

3. *Recycling* (Daur Ulang)

Merupakan penanganan limbah padat melalui proses pemanfaatan kembali.

4. *Composting* (Pembuatan Pupuk)

Merupakan penanganan limbah padat melalui pembuatan pupuk dari limbah padat tersebut.

5. *Incenerator* (Bakar Teknis)

Merupakan penanganan limbah padat melalui pembakaran menggunakan peralatan dan teknis khusus.

6. *Blocking* (Pemadatan)

Merupakan penanganan limbah padat melalui proses pemadatan dilakukan untuk memperkecil volume limbah tersebut.

7. *Sanitary Landfill* (Pendam Urug Berlapis)

Merupakan penanganan limbah padat melalui pemendam pada areal tertentu.

## 2.2 Kayu Sebagai Sumber Energi

Penggunaan kayu sebagai sumber energi merupakan salah satu bentuk dari permasalahan kayu. Heygreen dan Bowyer (1993) dalam Aida (2000) menyebutkan bahwa ada empat sumber bahan kayu yang potensial untuk membangkitkan energi atau bahan bakar yaitu kayu bulat/pohon, sisa - sisa pabrik, sisa pembalakan dan kayu dari hutan tanaman.

Sektor industri pengolahan kayu merupakan salah satu pemakai energi kayu yang terbesar. Koopmans (1996) dalam Aida (2000) menyebutkan bahwa di sebagian besar negara berkembang sektor industri mengkonsumsi 10% - 30% dari seluruh penggunaan energi kayu. Pada umumnya industri tersebut lebih memilih menggunakan dalam bentuk arang karena nilai kalor yang dihasilkan lebih tinggi.

Pemanfaatan kayu sebagai sumber energi erat kaitannya dengan nilai kalor yang dihasilkan. Cara yang paling umum untuk mengubah kayu menjadi energi

adalah pembakaran . Pada reaksi pembakaran terjadi penggabungan zat arang dari kayu dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida dan penggabungan hidrogen dari kayu dengan oksigen membentuk air dan menghasilkan energi panas.

Pada proses pembakaran semua komponen kayu turut bereaksi bersama oksigen dan membentuk karbon dioksida serta air untuk menghasilkan energi panas. Secara umum kayu tersusun atas 6% hidrogen, 49% zat karbon dan 44% oksigen serta 1% sisanya adalah unsur - unsur kimia yang lain. Karena jumlah komponen kimia dalam setiap kayu berbeda - beda, maka energi panas yang dilepaskan pada saat proses pembakaran juga berbeda - beda Haygreen dan Bowyer, (1993) dalam Aida (2000).

### **2.3 Kayu jati**

Kayu jati sudah banyak dikenal oleh masyarakat pengguna kayu dan sangat cocok digunakan untuk segala jenis konstruksi seperti tiang, kusen, balok, gelagar pada rumah, rangka atap serta banyak dimanfaatkan untuk memblair. Akan tetapi kayu ini mempunyai sifat agak rapuh sehingga kurang baik untuk digunakan sebagai bahan yang memerlukan kekenyalan tinggi seperti tangkai perkakas, alat olah raga, peti pengepak dan sebagainya, Martawijaya dkk. (1981) dalam Aida (2000).

Selain banyak ditanam oleh perhutani di Jawa dan menjadi komoditas unggulan bagi perhutani, tanaman ini juga banyak diusahakan oleh rakyat sebagai tanaman hutan rakyat. Penanaman jati sebagai tanaman hutan rakyat banyak

dilakukan oleh masyarakat terutama untuk mencukupi kebutuhan bahan bangunan serta merupakan salah satu bentuk 'tabungan' karena nilai ekonomisnya yang tinggi. Luas hutan jati yang diusahakan oleh perum perhutani mencapai 1.081.425,40 ha.

Tanaman jati di pulau Jawa dikenal dengan nama: Deleg, Dodolan, Jate, Jatih, Kiati dan Kulidawa dan mempunyai daerah penyebaran diseluruh pulau Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sumbawa, Maluku dan Lampung.

Pohon jati termasuk tanaman tahunan. Menurut Van Steenis (1975) dalam Aida (2000) secara sistematis, klasifikasinya adalah sebagai berikut:

<i>Devisio</i>	: <i>Spermtophyta</i>
<i>Sub divisio</i>	: <i>Angiospermae</i>
<i>Class</i>	: <i>Dicotyledoneae</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Lamiales</i>
<i>Famili</i>	: <i>verbenaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Tectona</i>
<i>Species</i>	: <i>Tectona grandis L.F</i>

Pohon jati dapat mncapai tinggi 45 m dengan panjang batang bebas cabang 15 - 20 cm. Pada pertumbuhan yang optimal pohon jati dapat mencapai diameter 220 cm, akan tetapi rata - rata dari kayu jati yang ditebang adalah 50 cm. Bentuk batang tidak teratur dan beralur. Kayu teras jati berwarna coklat muda, coklat kelabu sampai coklat merah tua atau merah coklat. Kayu gubalnya berwarna putih atau kelabu kekuning - kuning dengan tekstur kayu agak besar dan tidak merata. Permukaan kayu licin atau agak licin, kadang - kadang seperti berminyak. Kayu

jati berbau bahan penyamak yang mudah hilang, mempunyai berat jenis 0,67 (0,62 - 0,75) dan termasuk kelas kuat II. Penyusutan kering tanur yang dialami oleh kayu jati pada arah radial sebesar 2,8% dan 5,2% pada arah tangensial. Kandungan kimia yang terdapat dalam kayu jati meliputi: kadar selulose 47,5%, kadar lignin 29,9%, kadar pentosan 14,4%, kadar abu 1,4% dan kadar silika 0,4%, Martawijaya dkk, (1981) dalam Aida (2000).

### 2.3.1 Serbuk Gergaji

Kayu adalah suatu bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon di hutan yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dimanfaatkan untuk suatu tujuan penggunaan. Sedangkan serbuk gergaji kayu adalah serbuk hasil pengergajian kayu berupa partikel - partikel kayu (Dumanauw, 1994).

Menurut *FAO* (1957) dalam Aida (2000) serbuk kayu termasuk tipe partikel *granuler* yaitu partikel yang mempunyai ukuran sama pada ketiga sisinya yaitu panjang, lebar dan tebal . Serbuk gergaji terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Serbuk basah

Serbuk basah adalah serbuk yang mempunyai kadar air lebih kurang 60% atau serbuk kayu yang belum mengalami pengeringan.

2. Serbuk Kering

Serbuk kering adalah serbuk yang mempunyai kadar air 8 – 9 % atau serbuk kayu yang telah mengalami pengeringan.

Menurut Dumanauw (1994), kayu mempunyai sifat meliputi :

1. Sifat Fisik

Kayu merupakan bahan higroskopis yang dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembaban dan suhu di sekitarnya. Makin lembab udara di sekitarnya akan makin tinggi pula kelembaban kayu sampai tercapai keseimbangan dengan lingkungan. Masuk atau keluarnya air yang dikandung oleh sepotong kayu itu disebut kadar air.

2. Sifat kimia

Komponen kimia dalam kayu mempunyai arti penting karena menentukan kegunaan suatu jenis kayu. Selain itu juga dapat menentukan pekerjaan dan pengolahan kayu sehingga dapat dihasilkan yang maksimal.

Komposisi kayu terdiri dari karbon 50%, hidrogen 6%, nitrogen 0,04 - 0,1%, abu 0,2 - 0,5% dan sisanya adalah O<sub>2</sub> sedangkan komponen kimia yang terdapat dalam kayu terdiri atas 4 unsur :

1. Karbohidrat yang terdiri dari atas selulosa dan hemiselulosa;
2. Unsur non - karbohidrat terdiri dari *lignin*, yang banyak terdapat di dalam dinding primer dan lamela tengah;
3. Unsur yang diendapkan kayu selama proses pertumbuhan dinamakan zat ekstraktif, banyak terdapat di luar dinding sel kayu; dan
4. Menurut catatan Browing (1938) dalam Aida (2000) komponen kimia yang terdapat dalam serbuk kayu pada dasarnya sama dengan komponen penyusun kayu.

### 2.3.2 Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Baku Briket

Suatu industri dalam proses produksinya disamping menghasilkan produk yang direncanakan juga menghasilkan hasil sampingan yang berupa limbah. Kusbantono (1994) dalam Aida (2000) menyatakan bahwa limbah kayu pada pengolahan kayu merupakan sisa - sisa atau bagian kayu yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam suatu proses tertentu, pada waktu dan tempat tertentu tetapi mungkin masih dimanfaatkan pada proses yang berbeda. Limbah kayu yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti sisa potongar kayu, kulit kayu, serpih, dan serbuk gergaji merupakan salah satu sumber bahan kayu yang potensial untuk membangkitkan energi.

Dalam skala kecil pemanfaatan limbah serbuk gergaji sudah dilakukan, misalnya penggunaan serbuk gergaji sebagai bahan bakar dan bahan baku pembuatan obat nyamuk bakar Komaryati, dkk. (1997) dalam Aida (2000). Pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan baku pembuatan arang briket telah dilakukan oleh PT. Kraton Megah Indah Pasuruan Jawa Timur. Industri ini setiap tahunnya memerlukan bahan baku serbuk gergaji sebanyak  $\pm 1583,4$  ton. Serbuk gergaji yang digunakan berasal dari kayu Jati, Meranti, Kamper, Ulin, Keruing dan Bangkirai. Pada proses produksinya industri ini mempergunakan campuran serbuk gergaji dan kayu yang tidak bergetah untuk memperoleh produk arang briket yang berkualitas.

Briket arang adalah arang kayu yang diubah bentuk dan ukurannya dengan cara mengepres campuran sekam dan serbuk gergaji dan bahan perekat.

Pembuatan Briket arang dapat memberikan keuntungan , antara lain arang dapat ditingkatkan sehingga menjadi volume, bentuk dan ukuran dapat disesuaikan dengan keperluan, tidak kotor, mudah diangkat dan praktis untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam rumah tangga.

Ada 4 cara pembuatan briket, yaitu sebagai berikut:

1. Pengempaan grajen menjadi briket, disusul karbonisasi pada tekanan sedang;
2. Pengempaan dan karbonisasi dilakukan secara serentak;
3. Pengempaan campuran arang, grajen dan perekat menjadi briket, disusul dengan karbonisasi; dan
4. Pengempaan campuran arang dan bahan perekat menjadi briket, disusul dengan pengeringan, kadang - kadang dikarbonisasi kembali

Pembuatan briket dapat memberikan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Dapat ditingkatkan kerapatannya sehingga tidak memakan ruang dalam pemanfaatannya;
2. Bentuk dan ukuran dapat disesuaikan dengan keperluan;
3. Tidak kotor; dan
4. Mudah diangkat dan praktis sebagai bahan bakar rumah tangga.

Menurut Anthony (1989) dalam Aida (2000) dari segi lingkungan, keuntungan yang dipetik dari penanganan limbah padat dengan pembuatan briket adalah:

1. Dapat membantu pengendalian pencemaran akibat pembuangan limbah padat dari industri penggergajian atau industri lain secara langsung ke lingkungan;
2. Nilai kalor yang dihasilkan briket cukup tinggi; dan

3. Merupakan penerapan teknologi biaya dan teknologi peduli lingkungan.

### **2.3.3 Dampak Serbuk Gergaji (*grajen*) Terhadap Lingkungan**

Dampak yang dapat timbul dari pembuangan limbah padat industri pengolahan kayu secara langsung ke dalam lingkungan adalah pencemaran terhadap tanah, air dan udara. Dengan adanya pencemaran terhadap air, tanah dan udara menyebabkan turunnya kualitas lingkungan. Sehingga diperlukan penanganan yang tepat untuk dapat mengendalikan pencemaran yang disebabkan oleh limbah padat industri pengolahan kayu adalah sebagai berikut:

#### **1. Pencemaran Terhadap Tanah**

Pembuangan limbah padat sisa produksi pengolahan kayu langsung ke lahan yang terbuka akan menyebabkan menumpuknya limbah padat industri pengolahan kayu dan menimbulkan panas dan pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan permukaan tanah serta tekstur tanah. Hal ini dapat menyebabkan tanah tidak dapat memberikan manfaat yang sesuai dengan peruntukannya

#### **2. Pencemaran Terhadap Air**

Dampak pembuangan limbah padat sisa produksi pengolahan kayu dibuang langsung ke dalam perairan akan menimbulkan endapan yang menumpuk pada perairan serta menyebabkan perubahan warna pada perairan dan timbulnya bau yang cukup menyengat. Perubahan warna dan bau disebabkan adanya proses pembusukan limbah padat industri pengolahan kayu dalam perairan. Sebagai akibat dari perubahan warna perairan akan mengganggu

kelangsungan proses fotosintesis tanaman dalam perairan, hal ini disebabkan terhalangnya sinar matahari untuk menembus perairan. Dampak lain adalah timbulnya endapan terlarut maupun tidak larut dapat menyebabkan pendangkalan pada perairan sehingga dapat menyebabkan terjadi banjir pada musim penghujan, adanya perubahan warna dan bau pada perairan dapat dipergunakan sebagai indikator pencemaran yang terjadi pada perairan tersebut.

### 3. Pencemaran Terhadap Udara

Dampak pembuangan limbah padat sisa proses produksi industri pengolahan kayu yang langsung dibakar di areal terbuka akan menambah emisi karbon di atmosfer.

### 2.4 Padi ( *Oryza Sativa* )

Padi merupakan tanaman pangan berupa rumput berumpun. Tanaman pertanian kuno berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis. Bukti sejarah memperlihatkan bahwa penanaman padi di Zhejiang (Cina) sudah dimulai pada 3.000 tahun SM. Fosil butir padi dan gabah ditemukan di Hastinapur Uttar Pradesh India sekitar 100 - 800 SM. Selain Cina dan India, beberapa wilayah asal padi adalah, Bangladesh Utara, Burma, Thailand, Laos, Vietnam.

Klasifikasi botani tanaman padi adalah sebagai berikut;

Divisi : *Spermatophyta*

Sub divisi : *Angiospermae*

Kelas : *Monotyledonae*

Keluarga : *Gramineae (Poaceae)*

Genus : *Oryza*

Spesies : *Oryza spp.*

Terdapat 25 spesies *Oryza*, yang dikenal adalah *O.sativa* dengan dua sub spesies yaitu *Indica* (padi bulu) yang ditanam di Indonesia dan *Sinica* (padi cere). Padi dibedakan dalam dua tipe yaitu padi kering (gogo) yang ditanam di dataran tinggi dan padi sawah di dataran rendah yang memerlukan penggenangan.

#### 2.4.1 Fungsi Tanaman Padi

Padi merupakan bahan makanan yang menghasilkan beras. Bahan makanan ini merupakan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Meskipun sebagai bahan makanan pokok padi dapat digantikan/disubstitusi oleh bahan makanan lainnya, namun padi memiliki nilai tersendiri bagi orang yang biasa makan nasi dan tidak dapat dengan mudah digantikan oleh bahan makanan yang lain.

Padi adalah salah satu bahan makanan yang mengandung gizi dan penguat yang cukup bagi tubuh manusia, sebab di dalamnya terkandung bahan - bahan yang mudah diubah menjadi energi. Oleh karena itu padi disebut juga makanan energi.

### 2.4.2 Sekam Padi

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi, yang merupakan hasil sampingan saat proses penggilingan padi dilakukan. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi dan kurang lebih 15% dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar. Nilai paling umum kandungan silika dari abu sekam adalah 94% - 96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi dengan zat lain yang kandungan silikanya rendah. Silika yang terdapat dalam sekam ada dalam bentuk amorf terhidrat. Tapi jika pembakaran dilakukan secara terus menerus pada suhu di atas 650°C akan menaikkan kristalinitasnya terbentuk fasa kristobalit dan tridimit dari silika sekam. Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas mulai bidang elektronik, medis, mekanik, seni hingga bidang-bidang lainnya. Salah satu pemanfaatan serbuk silika yang cukup luas adalah sebagai penyerap kadar air di udara sehingga memperpanjang masa simpan bahan dan sebagai bahan campuran untuk membuat keramik seni. Sedangkan silika amorf terbentuk ketika silikon teroksidasi secara termal. Silika amorf terdapat dalam beberapa bentuk yang tersusun dari partikel - partikel kecil yang kemungkinan ikut tergabung. Biasanya silika amorf mempunyai kerapatan 2,21 g/cm<sup>3</sup>.

Sekam padi mempunyai nilai kalor bahan baku sebesar 3217 kal/g sedangkan nilai kalor arang sebesar 3574 kal/g Hartoyo (1983) dalam Bowo (2004). Jenkins dan Ebeling dalam Bowo (2004) menyebutkan bahwa sekam padi

mengandung 65,47% *volatiles*; 17,86% abu; 16,67% karbon terikat; 40,96% C; 4,30% H; 35,86% O; 0,02% S dan 0,12% Cl.

#### 2.4.2.1 Sekam Untuk Bahan Bakar Alternatif

Suatu pemandangan yang lazim kita temukan di sekitar penggilingan padi adalah gunungan sekam yang makin lama makin tinggi, tidak dimanfaatkan. Penelitian untuk memanfaatkan sekam sebenarnya telah dilaksanakan sejak lebih 15 tahun lalu, tetapi hasil penelitian itu tidak dilirik siapa pun. Pasalnya, kita masih dimanja dengan melimpahnya minyak tanah sebagai bahan bakar. Kini, ketika minyak tanah makin mahal, saatnya kita manfaatkan sekam sebagai bahan bakar sekaligus membebaskan penggilingan padi dari limbah. Sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar baik dalam keadaan mentah/segar maupun arang curah atau briket. Pemanfaatan sekam segar antara lain untuk bahan bakar kompor sekam keperluan energi panas skala rumah tangga, dan energi panas pengering bahan bakar sekam. Abu hasil pembakaran sekam padi, yang pada hakikatnya hanyalah limbah, ternyata merupakan sumber silika/karbon yang cukup tinggi. Pirolisis lebih lanjut dari hasil pembakaran sekam padi menunjukkan bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> mencapai 80% - 90%. Yang juga menarik, 15% berat abu akan diperoleh dari total berat sekam padi yang dibakar. Pemanfaatan abu sekam padi, dengan demikian, layak untuk dipikirkan.

Melihat potensi yang besar pada sekam, sangat memungkinkan untuk memasyarakatkan penggunaan sekam sebagai bahan bakar untuk rumah tangga dan warung sebagai pengganti energi kayu atau minyak tanah. Nilai energi sekam

memang lebih rendah dibanding briket batu bara muda yang mengandung energi 5.500 kkal/kg, minyak tanah 8.900 kkal/l, dan elpiji 11.900 kkal/kg, sedangkan panas pembakaran sekam hanya sekitar 3.300 kkal. Dilihat dari perbandingan harga saat ini, biaya konsumsi elpiji sekitar Rp 5.000/kg, minyak tanah Rp 2.500/l, dan briket batu bara Rp 2.000/kg, sedangkan sekam relatif tidak memiliki nilai jual atau hanya sekitar Rp 400 tiap karung berbobot 20 kg. Dengan demikian penggunaan sekam sangat prospektif sebagai sumber energi panas karena memberi nilai ekonomis dan membantu menekan terjadinya gangguan lingkungan terutama di sekitar penggilingan padi. Untuk memanfaatkan sekam, terdapat beberapa hasil penelitian yang meliputi sekam sebagai bahan bakar kompor, sekam untuk pengeringan gabah, dan briket arang sekam untuk bahan bakar rumah tangga. Jika sekam dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar rumah tangga atau warung di pedesaan maka cara ini dapat memberikan dua keuntungan sekaligus, yaitu mengurangi gunung limbah sekam dan menekan konsumsi minyak tanah/kayu bakar (Ridwan Rahmat).

## 2.5 Arang dan Arang Briket

Arang kayu adalah residu yang terjadi dari hasil penguraian atau pemecahan kayu karena panas yang sebagian besar komponen kimianya adalah karbon. Peristiwa ini dilakukan dengan jalan memanasi langsung atau tidak langsung terhadap kayu di dalam timbunan, *kiln*, *retort*, *oven* dengan atau tanpa udara terbatas. Sudrajat (1997) dalam Bowo (2004) mengungkapkan bahwa arang adalah hasil proses pembakaran tanpa udara (distilasi kering) yang mengeluarkan

sebagian besar zat non-karbon dalam bentuk cair atau gas, proses pemurnian lebih lanjut akan menghasilkan karbon aktif sedang dengan pemampatan akan menghasilkan arang briket.

Sudrajat (1997) dalam Bowo (2004) menyebutkan arang briket adalah briket kayu yang diolah menjadi arang dengan proses distilasi. Pada industri perkayuan, arang briket dibuat dari serbuk gergajian melalui proses pemampatan sehingga dihasilkan briket kayu atau yang dikenal pula sebagai ogalith. Briket kayu yang diperoleh selanjutnya diolah dengan proses distilasi kering menjadi arang briket. Proses pembuatan arang briket tidak memerlukan perekat tambahan. Dengan bantuan panas pada saat pengempaan, sifat thermoplastis lignin yang ada pada kayu dimanfaatkan sebagai bahan perekat pada proses pembuatan ogalith untuk merekatkan serbuk satu sama lain.

### **2.5.1 Penggunaan Arang**

Penggunaan arang tidak terbatas sebagai bahan bakar tapi arang juga digunakan dalam bidang industri. Penggunaan arang dalam industri ini antara lain penggunaan arang hitam dalam pembuatan besi, silikon, timah dan arang aktif. Hartoyo dan Nurhayati (1976) dalam Bowo (2004) menyebutkan bahwa arang digunakan untuk keperluan industri kimia yaitu digunakan untuk karbon aktif, karbon monoksida, elektroda gelas, campuran resin obat-obatan, makanan ternak, karet dan lain - lain.

Earl (1974) dalam Hari (2006) mengemukakan beberapa kegunaan penting arang, yaitu :

1. Sebagai bahan bakar rumah tangga

Arang digunakan untuk pemanas ruangan dan memasak karena arang kayu tidak berasap dan hampir sama sekali bebas abu. Arang juga dapat dipergunakan untuk memanggang karena diyakini mampu memberikan aroma yang khas dan tidak ditemukan adanya zat yang beracun pada asap yang dihasilkan oleh arang.

2. Sebagai bahan bakar untuk industri

Arang sebagai bahan bakar untuk industri, dapat digunakan untuk proses pengeringan langsung (tembakau) dan sebagai bahan bakar internal untuk industri semen (kurang lebih 1 ton arang diperlukan untuk membuat empat ton semen).

3. Sebagai bahan peleburan logam (*metal extraction*)

Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut : arang mempunyai komponen pereduksi yang kuat (*strong reducing properties*), sebagai contoh ketika arang dipanaskan dengan bijih besi (yang mengandung oksida logam dan sulfida) kandungan karbon yang ada di dalam arang akan segera bereaksi dengan oksigen dan sulfur. Hal inilah yang akan memudahkan terjadinya peleburan logam.

4. Penggunaan lain - lain

Penggunaan lain - lain dan arang antara lain untuk kembang api, bubuk mesiu, plastik, produksi karet, bahan untuk menggambar, dan bahan makanan ternak. Arang sekam padi digunakan dalam bidang pertanian. Arang sekam padi ini mempunyai manfaat yaitu dapat meningkatkan pH tanah, memperbaiki aerasi

akar tanaman, meningkatkan kemampuan tanah dalam mengikat air dan dapat meningkatkan tingkat pergantian unsur K dan Mg.

### **2.5.2 Standar Kualitas Arang**

Penggunaan arang baik sebagai bahan bakar maupun sebagai bahan penolong dalam industri memerlukan standar kualitas tertentu. Kualitas arang dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan proses pengolahannya.

Ada tiga faktor utama yang mempengaruhi hasil arang yaitu :

1. Kadar air bahan baku pada waktu peng-karbonan.
2. Tipe alat yang digunakan.
3. Pengawasan pada saat proses berjalan.

Djarmiko dkk. (1981) dalam Arif (2006) menyebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas arang kayu adalah jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku, cara, dan proses pengolahannya. Penetapan kualitas arang briket sama halnya dengan arang batangan yaitu dilakukan terhadap sifat fisika arang briket seperti: kadar air, berat jenis, dan nilai kalor serta sifat kimianya seperti: kadar abu, kadar zat terbang (mudah menguap), dan kadar karbon terikat. Standar pembandingan yang digunakan dalam pengujian kualitas arang briket adalah standar Jepang dan Inggris.

**Tabel 2.1 Standar kualitas arang briket**

	A	B	C	D	E	F
Standar Jepang	6	3~6	25-30	60-80	1-1,2	6000-7000
Standar Inggris	3,5	8,26	16,41	75,33	~	7289

Sumber : Soeparno (1999)

Keterangan :

A: Kadar air (%)

B: Kadar abu (%)

C : Kadar zat mudah menguap (%)

D : Kadar karbon terikat (%)

E : Berat jenis

F : Nilai kalor (kal/gram)

### 1. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah ukuran kualitas bahan bakar dan biasanya dinyatakan dalam *British Thermal Unit* (BTU) yaitu jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu pound air sebesar 1°F (biasanya dari 39°F ke 40°F). Soenardi (1976) dalam Bowo (2004) mengemukakan bahwa nilai bakar terutama ditentukan oleh berat jenis dan kadar air, tetapi berubah - ubah juga karena kadar lignin dan ekstraktif, seperti resin dan tanin. Soenardi juga menyebutkan bahwa panas pembakaran adalah panas (dalam BTU) yang diperoleh jika membakar satu *pound* kayu kering tanur. Panas sesungguhnya yang dihasilkan pada pembakaran kayu basah lebih rendah dibandingkan nilai panas pembakaran tersebut di atas, sebab sebagian panas dipakai untuk mengeluarkan air dan menguapkannya.

Besar nilai kalor ini antara lain dipengaruhi oleh jenis kayu (spesies kayu daun jarum lebih menunjukkan nilai panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesies kayu daun lebar), tempat tumbuh dan tingkat kekeringan kayunya.

Haygreen dan Bowyer (1989) dalam Rizal (2005) menyebutkan bahwa semakin tinggi kadar air, maka akan semakin rendah nilai panasnya. Besarnya nilai kalor kayu bervariasi untuk masing - masing spesies. Keberadaan resin pada kayu juga akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan, kayu yang mengandung resin memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu tak beresin.

**Tabel 2.2 Nilai kalor rata-rata untuk kayu dan kulit kayu**

Tipe Kayu	Nilai Kalor Kering Tanur(BTU/lb kering)	
	Kayu	Kulit Kayu
Tak beresin	8000-8500	7400-9800
Beresin	8000-9700	8800-10800

Sumber : Corder dalam Bowo (2004)

Winarni dan Alex (1999) dalam Bowo (2004) mengemukakan bahwa nilai kalor arang berhubungan dengan kadar karbon terikat (*fixed carbon*), semakin tinggi kadar karbon terikat akan semakin tinggi pula nilai kalornya, karena setiap ada reaksi oksidasi akan menghasilkan kalori

## 2. Kadar Air

Haygreen dan Bowyer (1989) dalam Bowo (2004) mendefinisikan kadar air sebagai berat air yang dinyatakan sebagai persen berat. Salah satu cara yang paling lazim untuk menentukan kandungan air adalah dengan menimbang sampel basah, mengeringkannya dalam tanur pada suhu  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  untuk mengeluarkan semua air kemudian menimbanginya kembali. Soeparno (2000) menyatakan bahwa kadar air kayu sangat menentukan kualitas arang yang dihasilkan. Arang dengan nilai kadar air rendah akan memiliki nilai kalor tinggi, arang ini dihasilkan dan

jenis kayu yang memiliki kadar air rendah. Semakin tinggi kadar air kayu maka dalam proses karbonisasi kayu akan lebih banyak kalor yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air tersebut menjadi uap sehingga energi yang tersisa dalam arang menjadi lebih kecil.

### 3. Kadar Abu

Abu adalah jumlah sisa setelah bahan organik dibakar di mana komponen utamanya berupa zat mineral, kalsium, kalium, magnesium dan silika. Earl (1974) dalam Bowo (2004) menyebutkan bahwa abu adalah bahan yang tersisa apabila kayu dipanaskan hingga berat yang konstan. Kadar abu ini sebanding dengan kandungan bahan anorganik di dalam bahan.

Salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Selanjutnya disebutkan bahwa semakin rendah kadar abu, maka akan semakin baik briket yang dihasilkan. Kadar abu yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerak pada dasar alat-alat yang digunakan dan juga kotor, oleh karena itu di beberapa negara mensyaratkan kadar abu tidak boleh lebih dari 6%.

### 4. Kadar Zat Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Zat mudah menguap pada arang briket adalah senyawa-senyawa selain air, abu dan karbon. Zat mudah menguap terdiri dari unsur hidrogen, hidrokarbon  $C_2 - C_4$ , metana dan karbon monoksida. Adanya unsur hidrokarbon (alifatik dan aromatik) pada zat mudah menguap ini menyebabkan semakin tinggi nilai kadar zat mudah menguap sehingga arang briket akan semakin mudah terbakar karena senyawa - senyawa alifatik dan aromatik mudah sekali terbakar. Kadar zat mudah

menguap didefinisikan sebagai kehilangan berat (selain karena hilangnya air) dari arang yang terjadi pada saat proses pengarangan berlangsung selama 7 menit pada suhu 900°C pada tempat tertutup, tanpa ada kontak dengan udara luar. Selanjutnya disebutkan bahwa penguapan *volatile matter* ini terjadi sebelum berlangsungnya oksidasi karbon dan kandungan utamanya adalah hidrokarbon dan sedikit nitrogen.

Hartoyo dkk. (1978) dalam Rizal (2005) mengemukakan bahwa besarnya suhu yang digunakan dalam proses pembuatan arang akan mempengaruhi besarnya kadar zat mudah menguap pada arang yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yang digunakan mengakibatkan semakin rendahnya kadar zat mudah menguap pada arang yang dihasilkan.

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

Soeparno dkk. (1999) menyatakan bahwa jenis bahan sangat berpengaruh pada besarnya nilai karbon dalam briket. Kandungan selulosa dalam kayu akan mempengaruhi besarnya kadar karbon terikat dalam briket arang. Kadar selulosa yang tinggi akan menyebabkan kadar karbon yang tinggi pula. Hal ini dikarenakan komponen penyusun selulosa sebagian besar adalah karbon. Selanjutnya disebutkan pula bahwa kadar karbon terikat juga merupakan penentu kualitas arang. Kadar karbon terikat yang tinggi menunjukkan kualitas yang baik, sedangkan kadar karbon terikat yang rendah menunjukkan kualitas arang yang kurang begitu baik. Djatmiko dkk. (1981) dalam Bowo (2004) menyebutkan bahwa arang yang bermutu baik adalah arang yang mempunyai nilai kalor dan karbon terikat tinggi tetapi mempunyai kadar zat abu yang rendah.

### **2.5.3 Pengaruh Tekanan Kempa dan Komposisi Bahan pada Arang Briket**

Tekanan atau pengempaan diperlukan dalam pembuatan arang briket untuk membentuk briket atau padatan yang kompak, sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan bakar sebagaimana arang kayu pada umumnya. Soeparno (1993) mengemukakan bahwa besarnya pengempaan berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen arang briket yang dihasilkan. Variasi besar tekanan yang digunakan untuk pembuatan briket arang oleh Hartoyo dkk. (1978) dalam Bowo (2004) adalah 8 - 16 ton dengan interval 2 ton menyebabkan variasi kerapatan atau berat jenis arang yang dihasilkan. Selanjutnya disebutkan bahwa kenaikan tingkat pengempaan akan menaikkan berat jenisnya. Pencampuran bahan baku dalam pembuatan arang briket dimaksudkan untuk memperbaiki sifat dan kualitas arang briket yang akan dihasilkan.

### **2.6 Hipotesis**

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah Diduga dengan adanya tekanan kempa dari 3000 pond, 4000 pond, dan 5000 pond (815 psi, 1087 psi, dan 1359 psi) dalam pembuatan arang briket bahan campuran serbuk gergaji dan sekam padi akan meningkatkan sifat fisik dan kimia.

### **2.7 Rancangan Penelitian**

Untuk mengetahui kebenaran hipotesis tersebut, maka disusun rencana penelitian dengan menetapkan faktor - faktor penelitian sebagai berikut:

1. Faktor pertama adalah besar tekana (T), terdiri atas tiga tekanan yaitu:

T1 = 815 psi (3000 pond)

T2 = 1087 psi (4000 pond)

T3 = 1359 psi (5000 pond)

2. Faktor kedua adalah bahan yaitu campuran serbuk gergaji dan sekam padi

Masing-masing perlakuan menggunakan ulangan sebanyak tiga kali sehingga dalam penelitian ini dibutuhkan contoh uji sebanyak (3 x 3 x 3) yaitu 27 sampel.

Data yang diperoleh diuji dengan dengan analisis varian untuk mengetahui adanya interaksi antara kedua faktor yang diteliti yaitu faktor tekanan kempa dan bahan. Apabila analisis varian tidak menunjukkan adanya interaksi, maka dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh faktor tunggal yang berbeda nyata pada taraf uji 1%. Jika diketahui ada faktor yang menyebabkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf uji tersebut, maka dilakukan lanjutan dengan metode Tukey/HSD (*Honestly significant differnce*).

Uji lanjut menggunakan metode Tukey/HSD tersebut dilakukan untuk mengetahui pada bagian mana yang berbeda nyata antara faktor perlakuan dan bahan sampel perlakuan pada taraf signifikan 1% terhadap kualitas arang briket yang dihasilkan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Pelaksanaan

Tahapan penelitian pemanfaatan serbuk gergaji dan sekam padi sebagai arang briket adalah sebagai berikut:

- a. Bahan serbuk gergaji yang didapat dari tempat penggajian dan sekam padi dari penggilingan gabah perseorangan.
- b. Sampel sebanyak 50 gram @ serbuk gergaji 25 gr dan sekam padi 25 gr untuk masing - masing variasi tekanan.
- c. Sistem pengempaan (Press) pembuatan ogalith menggunakan 3 variasi tekanan : 3000 pond, 4000 pond, dan 5000 pond (815 psi, 1087 psi, dan 1359 psi).
- d. Pengarangan dilakukan dengan pembakaran ogalith menggunakan *retort* yang dilengkapi dengan tabung minyak tanah.
- e. Pengujian kualitas arang briket mencakup sifat fisik dan kimia,
- f. Pengujian sifat fisik mencakup nilai kalor dan kadar air.
- g. Pengujian sifat kimia mencakup kadar abu, *volatile* (kadar zat mudah menguap) dan kadar karbon terikat.

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Serbuk gergaji dan sekam padi.

Bahan bahan kimia yang digunakan untuk pengujian nilai kalor yaitu: *Natrium karbonat*, *Asam benzoat*, dan *indikator methyl orange*.

- b. *Aquadest* untuk pengujian nilai kalor.
- c. Kawat nikel dan benang.
- d. Oksigen murni 99,5 %.
- e. Parafin untuk pengujian berat jenis.

### 3.3 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat untuk mencetak untuk mencetak ogalith, mengarangkan ogalith dan pengujian arang briket.

- a. Alat pencetak ogalith

Berupa alat kempa yang dilengkapi dengan pemanas tipe *carver* 2101 *Laboratory Press*, model C seri no 24000.438 untuk menekan bahan (campuran serbuk gergaji dan sekam padi ) alat pencetak ogalith berbentuk silinder besi berdiameter 5,5 cm.

- b. Alat pengarangkan ogalith sangat modern dengan cara pembakaran dengan bahan bakar minyak tanah dan kompresor di UGM Teknologi Hasil Hutan.

- c. Kantong Plastik.
- d. Alat Pengukur suhu (*Thermokoppel*).
- e. Gergaji tangan kecil untuk memotong contoh uji arang briket.
- f. Alat penguji sifat fisika dan kimia arang briket
- g. Jarum sebagai alat bantu untuk mencelupkan contoh uji berat jenis arang briket ke dalam parafin dan air.
- h. Gelas piala 100 mL, digunakan untuk pengukuran berat jenis arang briket.
- i. Oksigen bom kalori meter merk *Gallen Kamp Autobomb* no G 4940, digunakan untuk pengujian nilai kalor arang briket.
- j. Tabung gas oksigen, digunakan untuk mengalirkan oksigen pada pengujian nilai kalor arang briket.
- k. Erlenmeyer 50 mL, digunakan untuk menampung larutan indikator *methyl orange*.
- l. Pipet, digunakan untuk meneteskan larutan indikator *methyl orange*.
- m. Buret 50 mL, digunakan pada pengukuran hasil titrasi asam yang terjadi pada pengujian nilai kalor arang briket.
- n. Gelas piala 100 mL, digunakan untuk menampung hasil titrasi asal dalam pengujian nilai kalor.
- o. Cawan porselen beserta tutupnya untuk pengujian kadar air, kadar abu, berat jenis dan kadar zat mudah menguap arang briket.

- p. Oven merk *Gallen Kamp* untuk mengeringkan contoh uji kadar air dan berat jenis arang briket.
- q. Desikator untuk mengkondisikan contoh uji kadar air, kadar abu, berat jenis dan kadar zat mudah menguap setelah dikeringkan dalam oven.
- r. Dapur pengabuan (*Thermolyne*) merk *Uchida* maks.  $1200^{\circ}\text{C}$  digunakan untuk pengujian kadar zat mudah menguap, kadar abu dan kadar karbon terikat.
- s. Timbangan listrik merk *Ohaus*, dengan ketelitian 10 gram, digunakan untuk menimbang serbuk, ogalith dan contoh uji pada pengujian sifat fisik dan sifat kimia arang briket.
- t. Kertas label untuk memberi kode pada contoh uji arang briket.
- u. Alat tulis dan kalkulator.

#### **3.4 Pembuatan Briket (Ogalith)**

- a. Serbuk yang telah ditimbang dengan berat sampel 50 gr dimana @ serbuk gergaji 25 gr dan sekam padi 25 gr dicampur kemudian dimasukkan dan disusun ke dalam cetakan sambil ditekan dan diratakan agar diperoleh susunan serbuk dengan kerapatan yang merata.
- b. Alat pencetakan dipasang pada alat kempa dan kemudian ditekan pada kondisi panas tekanan  $250^{\circ}\text{C}$  dengan waktu kempa 15 menit (Soeparno 1993). Adapun besarnya tekanan kempa diantaranya

3000 pond, 4000 pond, dan 5000 Pond (815 psi, 1087 psi, dan 1359 psi).

- c. Briket dikeluarkan setelah ditunggu selama kurang lebih 15 menit hingga cetakan dingin, maka akan dihasilkan briket campuran serbuk gergaji dan sekam padi yang disebut ogalith.

### 3.5 Pengarangan

- a. Briket hasil campuran serbuk gergaji dan sekam padi (ogalith) disusun pada dapur pengarangan (*retort*). Lamanya pengarangan 4 jam dan mengusahakan agar panas dalam *retort* merata.
- b. Setelah pengarangan berlangsung selama 4 jam dan asap sudah tidak keluar lagi dari *retort*, maka pengarangan pada dapur *retort* dihentikan.
- c. *Retort* ditunggu sampai keadaan dingin selama kurang lebih 24 jam, sehingga bara yang ada dalam arang briket mati.
- d. Arang dikeluarkan dari *retort* dan diangin anginkan ditempat terbuka agar kondisinya seimbang dengan lingkungan sekitarnya.

### 3.6 Pengujian Kualitas Arang Briket

#### a. Sifat fisik arang briket

##### a.1. Nilai kalor

Pengujian nilai kalor arang briket menggunakan alat yang dinamakan Oksien bom kalorimeter. Adapun cara pengujiannya adalah sebagai berikut:

##### a.1.1. Persiapan

- a. Menimbang contoh uji yang berupa arang seberat 0.9 – 1.1 gram.
- b. Mengukur panjang kawat nikel dan benang pembakaran.
- c. Merangkaikan kawat dan benang kedalam alat bom kalorimeter.
- d. Memasukkan rangkaian ini kedalam alat bom kalorimeter yang sebelumnya telah diisi dengan aquadest hingga mencapai tinggi kurang lebih 1mm.
- e. Mengisikan oksigen murni (99,5%) kedalam bom silinder tersebut sampai dengan tekanan 30 atmosfer.
- f. Memasukkan bom silinder tersebut kedalam panci silinder yang berisi air dua liter kemudian memasukkan panci silinder tersebut ke dalam mantel silinder serta memasang elektroda – elektrodanya.
- g. Memasang penutup mantel silinder sedemikian rupa sehingga pengaduk bisa berputar bebas dalam panci silinder yang berisi air dan memasang *thermometer* menghadap kearah peneliti.

a.1.2. Pengukuran kenaikan suhu

- a. Menjalankan pengaduk selama kurang lebih 10 menit dan mencatat suhu yang terbaca pada thermometer setelah suhu stabil sebagai suhu awal ( $t_1$ ),
- b. Setelah waktu mencapai 10 menit, mulai dilakukan pembakaran dengan mengalirkan arus listrik bertegangan 23 volt dengan menekan tombol "fire" sampai tombol indikator "test" tidak menyala; dan
- c. Setelah proses pembakaran ini, suhu akan naik dengan cepat. Pencatatan suhu dilakukan setelah suhu mengalami kestabilan. Suhu tersebut merupakan suhu akhir ( $t_2$ ).

a.1.3. Pembongkaran

- a. Menghentikan pengaduk dan membuka mantel silinder secara hati hati. Gas yang ada dalam silinder bom dilepaskan secara hati hati dengan memutar *screw dop*,
- b. Mangkok pembakaran dilepas dari silinder bom, bagian silinder bom dicuci dengan aquades, air cucian ini ditampung dengan gelas piala sebanyak 50 mL. Hasil tampungan ini kemudian ditetesi dengan *methyl orange* sebanyak tiga tetes sehingga cairan berwarna merah muda, untuk kemudian dilakukan titrasi dengan sodium karbonat yang terdapat dalam buret sampai cairan berubah warna menjadi agak kekuningan/bening. Jumlah milimeter yang digunakan dalam titrasi merupakan koreksi asam; dan

c. Hasil pengamatan selengkapnya kemudian dimasukkan kedalam rumus berikut ini untuk mencari nilai kalornya :  $t = t_2 - t_1$ .

#### a.2. Kadar air

Prosedur pengujiannya dilakukan dengan cara mengambil sebagian dari contoh uji arang briket dan menimbanginya seberat dua gram sebagai berat mula-mula (a). Cuplikan tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 2 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Prosedur ini diulang beberapa kali sampai diperoleh berat konstan (b).

Perhitungan kadar air arang sebagaimana disebutkan dalam ASTM D 1762 – 84 dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan: a = berat arang (sampel) kering udara (gram).

b = berat arang (sampel) setelah dikeringkan pada suhu  $105^\circ\text{C}$

### b. Sifat kimia arang briket

#### b.1. Kadar abu.

Prosedur pengujian kadar abu dilakukan dengan cara mengambil contoh uji seberat dua gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselen (cawan pengabuan) dan ditimbang sebagai berat awal. Cawan yang berisi arang tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu  $600^\circ\text{C}$  selama empat jam. Menjelang suhu tercapai, tutup tanur dibuka sesaat agar

udara luar masuk. Setelah proses pengabuan, cawan beserta isinya dimasukkan ke dalam desikator kemudian ditimbang sebagai berat akhir.

Perhitungan kadar abu sebagaimana disebutkan dalam ASTM D 1762 – 84 dirumuskan sebagai berikut:

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

keterangan : a = berat sampel (gram)

b = berat cawan (gram)

c = berat ( cawan + abu ) setelah proses pengabuan (gram)

b.2. Kadar zat mudah menguap (*volatile matter*).

Prosedur penentuan zat mudah menguap adalah dengan cara memasukkan contoh uji seberat  $\pm 2$  gram pada tanur listrik bersuhu  $900^{\circ}\text{C}$ . Setelah suhu tercapai, tanur dimatikan dan cawan beserta isinya dibiarkan dingin terlebih dahulu dalam tanur. Selanjutnya, setelah terlebih dahulu dimasukkan ke dalam desikator, contoh uji ditimbang. Jika masih terdapat bagian berwarna putih, maka pengujian harus diulangi.

Perhitungan kadar zat mudah menguap (*volatile matter*) menurut Djatmiko,dkk (1981) dalam Bowo (2004) adalah sebagai berikut:

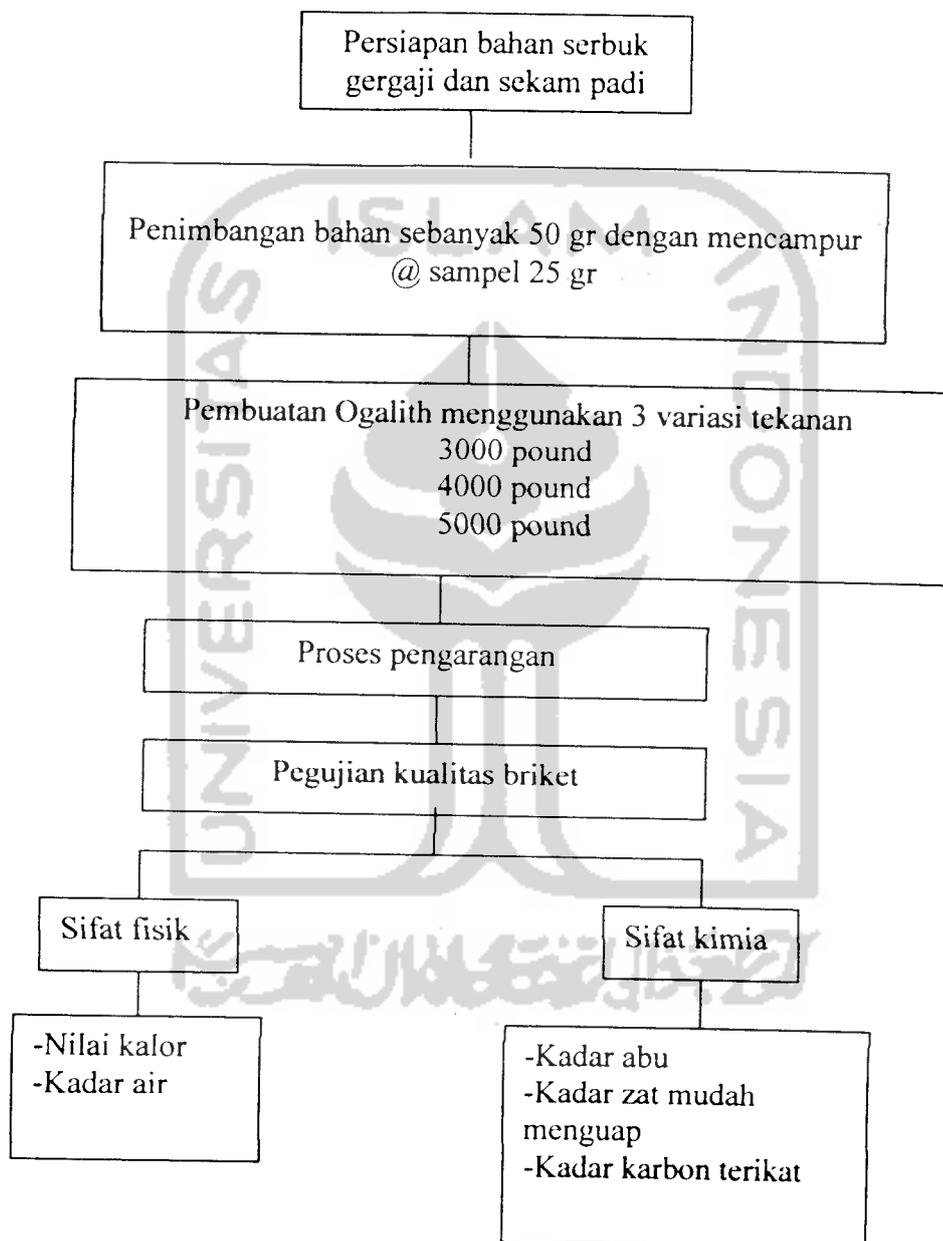
$$\text{Kadar Zat Mudah menguap (\%)} = \frac{(B - C)}{B} \times 100\%$$

Keterangan : B = berat sampel setelah dikeringkan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$

(gram)

C = berat sampel setelah dikeringkan pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$

Secara ringkas, prosedur pelaksanaan penelitian pemanfaatan serbuk gergaji dan sekam padi sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Tahapan Penelitian**

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

#### 4.1 HASIL PENELITIAN

##### 4.1.1 Sifat Fisik

##### 4.1.1.1 Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket

Penelitian mengenai pengujian nilai kalor dari hasil pembakaran sampel briket serbuk gergaji yang dilakukan di laboratorium Energi Kayu, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Universitas Gajah Mada adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.1 Nilai Kalor Dari Hasil Pembakaran Briket**

Tekanan (Psi)	Kalor (kal/gr)			Rata-Rata
	1	2	3	
815	6892,35	7949,08	7920,22	7587,22
1087	7492,99	7244,72	7580,68	7439,47
1359	7430,03	7120,99	7426,44	7325,82

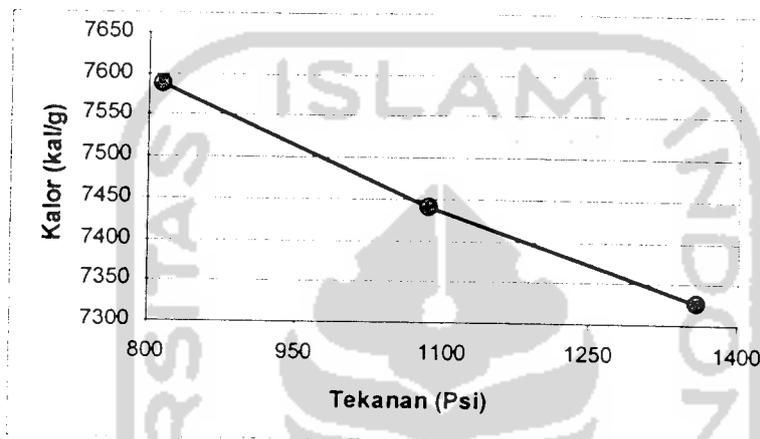
**Tabel 4.2 Analisis Varians Nilai Kalor**

Source	JK	dB	KT	F hitt	Sig
Tekanan	103074,072	2	51537,036	0,364	0,709
Error	848347,631	6	141391,272		
Total	95142,703	8			

Analisis *varians* pada Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa interaksi faktor tekanan kempa dan serbuk campuran (sekam padi dan serbuk gergaji)

menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kalor arang briket pada taraf uji 1%.

Untuk lebih jelas, hubungan interaksi antara tekanan kempa dan campuran serbuk terhadap nilai kalor arang briket dapat di lihat pada Gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Nilai Kalor Bahan Campuran**

#### 4.1.1.2 Kadar Air

Hasil perhitungan kadar air arang briket dapat di lihat pada Tabel 4.3 berikut:

**Table 4.3 Nilai Kadar Air (%)**

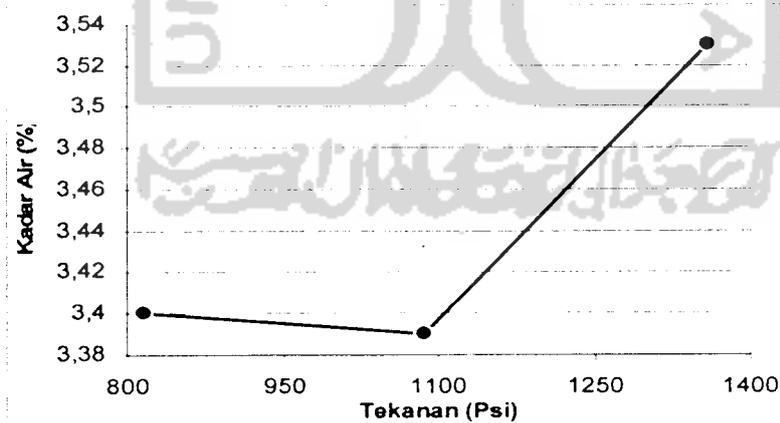
Tekanan (Psi)	Kalor (%)			Rata-Rata
	1	2	3	
815	3,79	3,45	2,94	3,40
1087	3,99	3,44	2,75	3,39
1359	4,00	2,79	3,80	3,53

**Tabel 4.4 Analisis Varians Nilai Kadar Air Dalam %**

Source	JK	dB	KT	F hitt	Sig
Tekanan	0,37	2	0,19	0,57	0,945
Error	1,980	6	330		
Total	2,017	8			

Analisis *varians* pada Tabel 4.4 memperlihatkan bahwa interaksi faktor tekanan kempa dan serbuk campuran (sekam padi dan serbuk gergaji) menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air arang briket pada taraf uji 1%.

Untuk lebih jelas, hubungan interaksi antara tekanan kempa dan campuran serbuk terhadap kadar air arang briket dapat di lihat pada Gambar 4.2 berikut :



**Gambar 4.2 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Kadar Air Bahan Campuran**

#### 4.1.2 Sifat Kimia Arang Briket

##### 4.1.2.1 Kadar Abu

Hasil perhitungan kadar abu arang briket dapat di lihat pada Tabel 4.5 berikut:

*Table 4.5 Nilai Kadar Abu (%)*

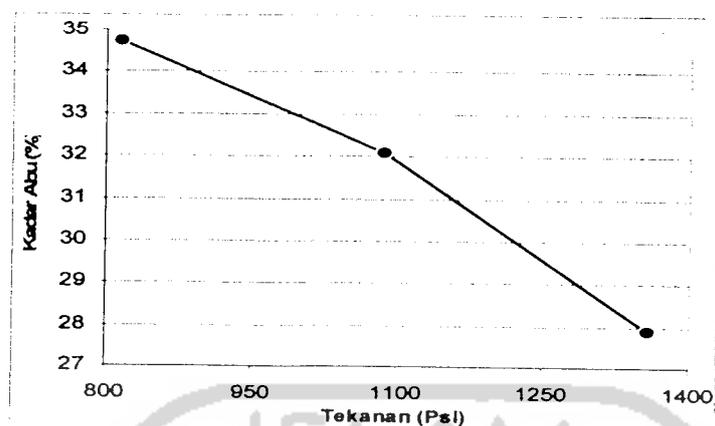
Tekanan (Psi)	Kadar Abu (%)			Rata-Rata
	1	2	3	
815	33,60	32,69	37,94	34,74
1087	31,70	31,97	32,54	32,07
1359	26,81	30,94	25,91	27,89

*Tabel 4.6 Analisis Varians Kadar Abu*

Source	JK	dB	KT	F hitt	Sig
Tekanan	71,661	2	35,830		
Error	30,499	6	5,083	7,0499	0,027
Total	102,160	8			

Analisis *varians* pada Tabel 4.6 memperlihatkan bahwa interaksi faktor tekanan kempa dan serbuk campuran (sekam padi dan serbuk gergaji) menunjukkan tidak signifikan terhadap kadar abu arang briket pada taraf uji 1%.

Untuk lebih jelas, hubungan interaksi antara tekanan kempa dan campuran serbuk terhadap terhadap kadar abu arang briket dapat di lihat pada Gambar 4.3 berikut:



**Gambar 4.3 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Kadar Abu Bahan Campuran**

#### 4.1.2.2 Kadar zat mudah menguap

Hasil perhitungan kadar zat mudah menguap arang briket dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

**Table 4.7 Nilai Zat Mudah Menguap (%)**

Tekanan (Psi)	Volatil Meter (%)			Rata-Rata
	1	2	3	
815	13,13	28,94	16,68	19,58
1087	25,26	20,41	19,19	21,62
1359	26,67	26,15	22,11	24,98

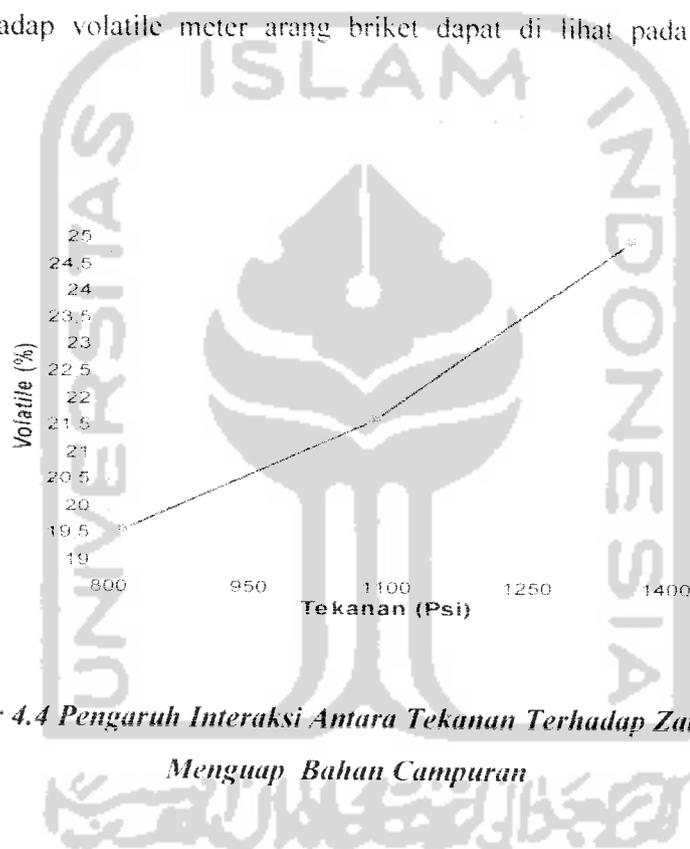
**Table 4.8 Analisis Varians Nilai Zat Mudah Menguap**

Source	JK	dB	KT	F hitt	Sig
Tekanan	44,503	2	22,522	0,782	0,499
Error	170,703	6	28,450		
Total	215,206	8			



Analisis *varians* pada Tabel 4.8 memperlihatkan bahwa interaksi faktor tekanan kempa dan serbuk campuran (sekam padi dan serbuk gergaji) menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap *volatile* meter arang briket pada taraf uji 1%.

Untuk lebih jelas, hubungan interaksi antara tekanan kempa dan campuran serbuk terhadap *volatile* meter arang briket dapat di lihat pada Gambar 4.4 berikut:



**Gambar 4.4 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Zat Mudah Menguap Bahan Campuran**

#### 4.1.2.3 Kadar Karbon Terikat

Hasil perhitungan kadar karbon terikat arang briket dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

*Table 4.9 Nilai Karbon Terikat (%)*

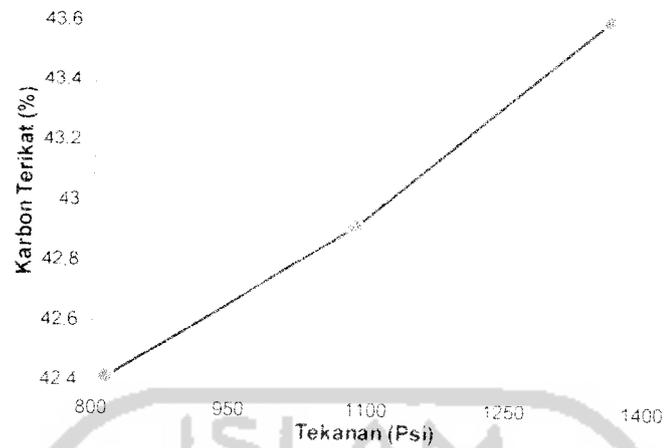
Tekanan (Psi)	Karbon Terikat (%)			Rata-Rata
	1	2	3	
815	49,88	34,92	42,44	42,41
1087	39,05	44,18	45,52	42,92
1359	42,52	40,12	48,18	43,61

*Table 4.10 Analisis Varians Nilai Karbon Terikat*

Source	JK	dB	KT	F hitt	Sig
Tekanan	2,153	2	1,077	0,38	0,963
Error	169,479	6	28,247		
Total	171,,632	8			

Analisis *varians* pada Tabel 4.10 memperlihatkan bahwa interaksi faktor tekanan kempa dan serbuk campuran (sekam padi dan serbuk gergaji) menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat arang briket pada taraf uji 1%.

Untuk lebih jelas, hubungan interaksi antara tekanan kempa dan campuran serbuk terhadap kadar karbon terikat arang briket dapat di lihat pada Gambar 4.5 berikut:



*Gambar 4.5 Pengaruh Interaksi Antara Tekanan Terhadap Kadar Karbon Terikat Bahan Campuran.*



## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Sifat Fisik Arang Briket

##### 5.1.1 Kadar Air

Kadar air arang briket yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 2,75% - 4,00%. Nilai terendah terlihat pada tekanan 4000 pond (1087 psi) sampel (3) dan tertinggi pada tekanan 5000 pond (1359 psi) sampel (1), diketahui nilai rata-rata berkisar 3,39% - 3,53%. Pada penelitian ini tidak sepenuhnya memenuhi dari nilai standard Inggris (3.5) tetapi memenuhi nilai standard Jepang (6). Nilai kadar air yang dihasilkan ini pada penelitian ini lebih besar bila dibandingkan dengan kadar air yang dihasilkan pada penelitian Aida (2000) yaitu sebesar 1,40% - 3,48%. Kisaran kadar air ini terjadi karena arang briket memiliki sifat higroskopis yang akan menyerap air dari udara disekelilingnya selama proses pendinginan di dalam *retort* selama kurang lebih 24 jam setelah proses karbonisasi.

Soeparno (1992) dalam rizal (2005) mengemukakan pada arang tradisional kadar airnya lebih tinggi (5% - 10%), jika arang memiliki kadar air 15% (kadar air seimbang dari arang) berarti arang tersebut sengaja dibasahi untuk menipu konsumen karena jual beli arang dalam satuan berat. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan setelah proses karbonasi mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas arang briket dalam hal ini kadar air. Arang dengan kadar air yang rendah

akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi, sedangkan arang dengan kadar air yang tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang rendah. Hal ini disebabkan karena energi yang tersimpan dalam kayu digunakan untuk menguapkan air yang ada di dalamnya.

Di lihat dari hasil analisis *varians* Tabel 4.4 terlihat tidak signifikan dan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air arang briket pada taraf uji 1%. Hal ini sesuai dengan pendapat Soeparno (2000) bahwa jenis bahan baku dalam hal ini kadar airnya akan mempengaruhi kualitas arang briket yang dihasilkan.

### 5.1.2 Kalor

Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas arang briket apabila akan digunakan sebagai bahan bakar. Dalam penelitian ini nilai kalor yang didapat antara 6892,35 kal/gram – 7949,08 kal/gram. Rata - rata nilai kalor berkisar antara 7325,82 kal/gr – 7587,22 kal/gr. Hasil nilai kalor tersebut memenuhi standar industri Jepang (6000 - 7000 kal/gram) dan Inggris (7289 kal/gram).

Dari hasil analisis *varians* Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada faktor tekanan kempa dan bahan campuran tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kalor arang briket pada taraf uji 1%.

Nilai kalor yang rendah disebabkan oleh kandungan abu yang cukup tinggi pada sekam padi. Salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Penyebab lain adalah rendahnya kadar karbon terikat sekam padi.

## 5.2 Sifat Kimia Arang Briket

### 5.2.1 Kadar Abu

Abu adalah sisa setelah bahan organik dibakar yang komponen utamanya berupa zat mineral, kalsium, kalium, magnesium dan silika. Earl (1990) dalam Rizal (2005) menyatakan bahwa abu dalam arang terdiri atas fraksi yang larut dan tidak larut dalam air (terutama terdiri atas silika) berpengaruh tidak baik terhadap kalor arang yang dihasilkan. Dikatakan juga bahwa kadar abu yang rendah berkisar antara 0,8 – 2,3% sedang yang tinggi nilainya di atas 4%. Berdasar pernyataan tersebut maka kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini terbilang sangat tinggi yakni antara 27,89 % dan 34,74 %. Kisaran ini juga berada diatas nilai standard Jepang (3% - 6%) maupun Inggris (8,26%). Kadar abu ini lebih besar bila dibandingkan dengan penelitian Aida (2000) yaitu sebesar 2,58% - 8,13%.

Hasil analisis *varians* Tabel 4.6 menunjukkan bahwa interaksi faktor tekanan kempa arang briket dengan bahan campuran, tidak signifikan terhadap kadar abu yang dihasilkan pada taraf uji 1%. Nilai terendah terlihat pada tekanan 5000 pond (1359 psi) uji sampel ketiga, sedang nilai tertinggi pada tekanan 3000 pond 815 psi) uji sample ketiga. Besarnya kadar abu merupakan salah satu indikator kualitas arang briket.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa tekanan 3000 pond (815 psi) memberikan nilai rata-rata kadar abu paling tinggi. Tingginya kadar abu yang didapatkan dari hasil penelitian ini disebabkan tingginya kandungan silika yang ada pada sekam padi. Kandungan silika sekam padi jika dibakar dengan oksigen

yang cukup berkisar antara 87% - 97%. Kadar abu yang tinggi pada arang briket juga disebabkan karena zat ekstraktif kayu jati lebih besar. Kadar ekstraktif yang tinggi cenderung menghasilkan kadar abu yang tinggi pula karena pada proses pembakaran ekstraktif lebih banyak menghasilkan abu. Tingginya kadar abu pada arang briket yang terbuat dari serbuk gergaji jati juga disebabkan kayu jati banyak mengandung zat kapur. Semakin rendah kadar abu, maka semakin baik arang briket yang dihasilkan.

### 5.2.2 Zat mudah Menguap

Hasil penelitian menunjukkan nilai rata – rata kadar zat mudah menguap arang briket berkisar antara 19,58% – 24,68. Kadar zat menguap yang dihasilkan pada penelitian ini tidak memenuhi standar Inggris (16,41%) tetapi memenuhi untuk standar Jepang (25% - 30%).

Hasil analisis *varians* Tabel 4.8 menunjukkan bahwa pada faktor tekanan kempa dan bahan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar zat mudah menguap arang briket pada taraf uji 1%. Semakin tinggi tekanan yang digunakan maka semakin tinggi kadar zat menguap yang dihasilkan yaitu 19,58% pada tekanan 3000 pond (815 psi), 21,07% pada tekanan 4000 pond (1087 psi), dan 24,98% pada tekanan 5000 pond (1359 psi).

Kadar zat mudah menguap merupakan parameter yang juga harus diperhatikan dalam menentukan kualitas arang yang dihasilkan selain kadar abu dan kadar karbon terikat. Nilai kadar zat mudah menguap sangat dipengaruhi oleh suhu maksimum pengarangan, dimana semakin tinggi suhu maksimum

pengarangan akan semakin rendah kadar zat mudah menguapnya dan semakin tinggi kualitas arangnya menurut pendapat Komaryati (1995) dalam Rizal (2005). Tinggi rendahnya kadar zat mudah menguap dipengaruhi oleh jenis bahan baku, menurut pendapat Syachri (1986) dalam Bowo (2004) bahwa bahan baku berpengaruh nyata terhadap kadar zat mudah menguap.

Faktor ukuran mempengaruhi kadar zat mudah menguap pada arang briket selain daripada tekanan. Hasil penelitian memperlihatkan semakin besar tekanan maka semakin besar nilai zat mudah menguap yang dihasilkan. Kandungan zat mudah menguap sekam padi yang tinggi disebabkan oleh adanya kandungan unsur karbon (C) dan hidrogen (H) yang cukup tinggi. Kadar zat mudah menguap yang tinggi secara umum lebih disukai karena lebih mudah dinyalakan.

### **5.2.3 Karbon Terikat**

Kadar karbon terikat mempunyai pengaruh yang cukup penting untuk menentukan kualitas suatu arang karena kadar karbon terikat dalam arang akan mempengaruhi besarnya nilai kalor yang dihasilkan. Nilai kadar karbon terikat dalam suatu arang yang semakin tinggi maka akan semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena setiap ada reaksi oksidasi dari zat karbon yang ada, akan mempertinggi nilai kalornya. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Soeparno (1993) bahwa besarnya kadar karbon terikat berkorelasi positif terhadap nilai kalor.

Penelitian ini menghasilkan arang briket dengan nilai kadar karbon terikat rata-rata berkisar antara 42,41% - 43,61%. Kadar karbon terikat ini lebih kecil

bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aida (2000) yaitu sebesar 54,58% - 76,08%. Kadar karbon terikat arang briket pada penelitian ini seluruhnya tidak memenuhi standard Jepang maupun standard Inggris.

Dari hasil analisis *varians* Tabel 4.10 menunjukkan bahwa pada faktor tekanan kempa dan bahan campuran tidak berpengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat arang briket pada taraf uji 1%. Semakin tinggi tekanan yang digunakan maka semakin tinggi kadar karbon terikat yang dihasilkan yaitu 42,41% pada tekanan 3000 pond (815 psi), 42,92% pada tekanan 4000 pond (1087 psi), dan 43,61% pada tekanan 5000 pond (1359 psi).

Besarnya kadar karbon terikat arang briket juga dapat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat mudah menguap, di mana semakin rendah kadar zat mudah menguap arang briket maka kadar karbon terikatnya semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Soeparno dkk (1999) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar karbon terikat pada arang maka akan semakin rendah kadar zat menguapnya.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian mengenai pengaruh tekanan kempa dan komposisi campuran sekam padi dan serbuk gergajian kayu jati terhadap kualitas arang briket, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini dihasilkan nilai kadar air arang briket berkisar rata-rata antara 3,39% - 3,53%, penelitian ini tidak sepenuhnya memenuhi nilai standart Inggris (3,5) tetapi memenuhi nilai standart Jepang (6). Nilai kalor 7325,82 kal/gram - 7587,22 kal/gram, nilai tersebut memenuhi standar industri Jepang (6000 - 7000) dan Inggris (7289). Kadar abu 27,89% - 34,74%, kisaran nilai ini sangat tinggi sehingga tidak memenuhi untuk standart Jepang (3% - 6%) maupun standart Inggris (8,26%). Zat menguap 19,58% - 24,98%, nilai yang dihasilkan pada penelitian ini tidak memenuhi standart Inggris (19,58%) tetapi memenuhi untuk standart Jepang (25% - 30%) dan kadar karbon terikat 42,41% - 43,61%, hasil yang didapat tidak memenuhi untuk standart Jepang (60 - 80) dan Inggris (75,33).
2. Hasil arang briket terbaik adalah arang briket yang di kempa pada tekanan 3000 pond (815 psi) yang menghasilkan nilai kalor tinggi, kadar zat mudah meguap rendah, dan kadar air rendah.

3. Penambahan serbuk gergaji kayu jati pada pembuatan arang briket dari sekam padi mampu memperbaiki kualitas arang briket yang dihasilkan.
4. Faktor tekanan berpengaruh tidak nyata terhadap karakteristik arang briket yang dihasilkan.

## 6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disampaikan saran sebagai berikut:

1. Pemanfaatan serbuk gergaji maupun sekam padi sebagai bahan baku arang briket perlu lebih dimasyarakatkan. Selain bahan yang tidak terlalu mahal, bahan relative mudah didapat melihat arang briket yang dihasilkan kualitasnya telah cukup bagus dan merupakan salah satu alternatif untuk memanfaatkan limbah industri pengergajian dan penggilingan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pencampuran sekam padi dengan jenis kayu lain dalam pembuata arang agar dapat menghasilkan arang dengan kualitas yang baik sehingga dapat meningkatkan nilai jual limbah sekam padi.

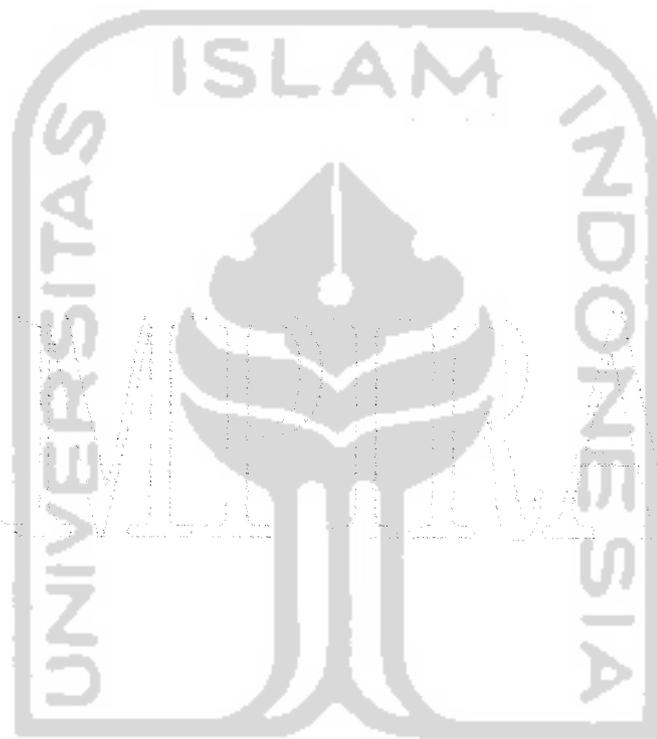
## DAFTAR PUSTAKA

- AAK, 1990. "Budidaya tanaman padi", kanisius, Yogyakarta
- Afianto, A 1994. " Pengaruh Perbedaan Jenis Kayu, Ukuran dan Jumlah Serbuk terhadap Rendemen, Fisik dan Nilai kalor Arang Briket ", Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta (Skripsi tidak diterbitkan).
- Aida,A 2000. " Pengaruh Ukuran Dan Komposisi Campuran Serbuk Gergaji *Pinus merkusii Jungh. Et de Vries* Dengan *Tectona grandis* L.F Terhadap Rendemen Dan Sifat Fisik-kimia Arang Briket ", (Skripsi tidak diterbitkan).
- Arif, A. S. 2000. " Pengaruh Tekanan Kempa Dan Komposisi Campuran Serbuk Gergaji *Paraserianthes falcataria* Niel Dan *Agathis spp* Terhadap Sifat Fisik – Kimia Dan Rendemen Arang Briket ", Fakultas Kehutanan UGM Yoyakarta (Skripsi tidak diterbitkan).
- Asti, 2006. " Pemanfaatan Serbuk Gergaji Dan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Briket ", Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan UII Yogyakarta", (Skripsi tidak diterbitkan).
- Bowo, A. S. 2004." Pengaruh Tekanan Kempa Dan Komposisi Campuran Sekam Padi Dan Serbuk Gergajian Kayu Damar *Agathis spp* Terhadap Kualitas Arang Briket ", Fakultas Kehutanan UGM Yoyakarta (Skripsi tidak diterbitkan).
- Dumanauw, J. P, " Mengenal Kayu ", PT Gramedia Yogyakarta.
- Hartoyo, Nurhayati. 1976. " Rendemen dan Sifat Arang Beberapa Jenis Kayu Indonesia (*Yields and Properties of Charcoal of Several Indonesian Woods*)", Laporan (Report) no. 62, Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Harton,. 2004. " Pembuatan SiC dari Sekam Padi ", baca di [www.dprind.go.id](http://www.dprind.go.id).
- Hary, S.2006. " Pengaruh Variasi Tekanan Kempa Dan Ukuran Serbuk Gergajian Cabang Kayu Suren *Toona Sureni Merr* Terhadap Rendemen Dan Sifat Fisik- Kimia Arang Briket ", Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.
- Ismun, U." Membuat briket bio arang ", Kanisius. Yogyakarta.

- Ridwan, R. 2005. "Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian", Baca di [www.perhutani.co.id](http://www.perhutani.co.id).
- Rizal, 2005, "Pengaruh Variasi Tekanan Kempa Dan Ukuran Serbuk Gergaji Asam Jawa (*Tamarindus sp*) Terhadap Rendemen Dan Sifat Fisik – Kimia Arang Briket", Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.
- Soeparno. 1992. "Pengolahan Arang Secara Sederhana dan Nilai Panas Dari Setiap Kualitas yang Dihasilkan. Laporan Penelitian ", Fakultas Kehutanan UGM dan Dekdibud Yogyakarta. Yogyakarta.
- Winanto, I.2000. "Pengaruh Ukuran Serbuk Dan Tekanan Kempa Terhadap Sifat Fisik – Kimia Briket Arang *Acacia Mangium Willd*. Umur 9 Tahun PT Musi Hutan Persada Palembang", Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.



LAMARAN

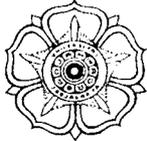


جامعة الإسلام في إندونيسيا



*LAMPIRAN 1*

*HASIL ANALISIS LABORATORIUM*



Yogyakarta, 22 Januari 2007

### HASIL ANALISIS LABORATORIUM

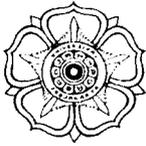
NAMA : Indriyani  
INSTANSI : UII  
HASIL PENGAMATAN : Kadar Air, Nilai Kalor, Kadar Zat Menguap, Kadar Abu.

#### A. KADAR AIR

SAMPEL		BERAT SAMPEL (GRAM)	BERAT KERING TANUR (GRAM)	KADAR AIR (%)	RATA-RATA (%)
3000 pound	1	2,00	1,93	3,79	3,40
	2	2,00	1,93	3,45	
	3	2,01	1,95	2,94	
4000 pound	1	2,01	1,93	3,99	3,39
	2	2,01	1,94	3,44	
	3	2,00	1,95	2,75	
5000 pound	1	2,00	1,92	4,00	3,53
	2	2,00	1,95	2,79	
	3	2,00	1,92	3,80	

#### B. NILAI KALOR

SAMPEL		NILAI KALOR (KAL/GRAM)	RATA-RATA (KAL/GRAM)
3000 pound	1	6892,35	7587,22
	2	7949,08	
	3	7920,22	
4000 pound	1	7492,99	7439,47
	2	7244,72	
	3	7580,68	
5000 pound	1	7430,03	7325,82
	2	7120,99	
	3	7426,44	



**LABORATORIUM ENERGI KAYU**  
**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN**  
**FAKULTAS KEHUTANAN UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**C. KADAR ZAT MENGUAP**

SAMPEL		BERAT CAWAN (GRAM)	BERAT SAMPEL (GRAM)	BERAT AWAL (GRAM)	BERAT AKHIR (GRAM)	KEHILANGAN BERAT (%)	KADAR ZAT MENGUAP (%)	RATA-RATA (%)
3000 pound	1	33,52	2,01	35,53	16,92	35,19	13,13	19,58
	2	30,69	2,01	32,70	32,39	32,05	28,94	
	3	33,68	2,01	35,69	19,62	35,29	16,68	
4000 pound	1	31,56	2,00	33,56	29,25	32,98	25,26	21,62
	2	28,73	2,01	30,73	23,85	30,26	20,41	
	3	29,70	2,01	31,71	21,94	31,27	19,19	
5000 pound	1	31,34	2,00	33,34	30,67	32,73	26,67	24,98
	2	30,51	2,00	32,51	28,94	31,93	26,15	
	3	29,88	2,00	31,88	25,91	31,37	22,11	

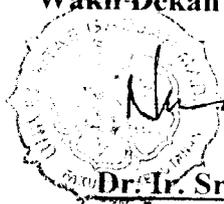
**D. KADAR ABU**

SAMPEL		BERAT CAWAN (GRAM)	BERAT SAMPEL (GRAM)	BERAT AWAL (GRAM)	BERAT AKHIR (GRAM)	KADAR ABU (%)	RATA-RATA (%)
3000 pound	1	33,52	2,01	35,53	34,19	33,60	34,74
	2	30,69	2,01	32,70	31,35	32,69	
	3	33,68	2,01	35,69	34,44	37,94	
4000 pound	1	31,56	2,00	33,56	32,20	31,70	32,07
	2	28,73	2,01	30,73	29,37	31,97	
	3	29,70	2,01	31,71	30,35	32,54	
5000 pound	1	31,34	2,00	33,34	31,88	26,81	27,89
	2	30,51	2,00	32,51	31,13	30,94	
	3	29,88	2,00	31,88	30,40	25,91	

Mengetahui:

Dekan u.b.

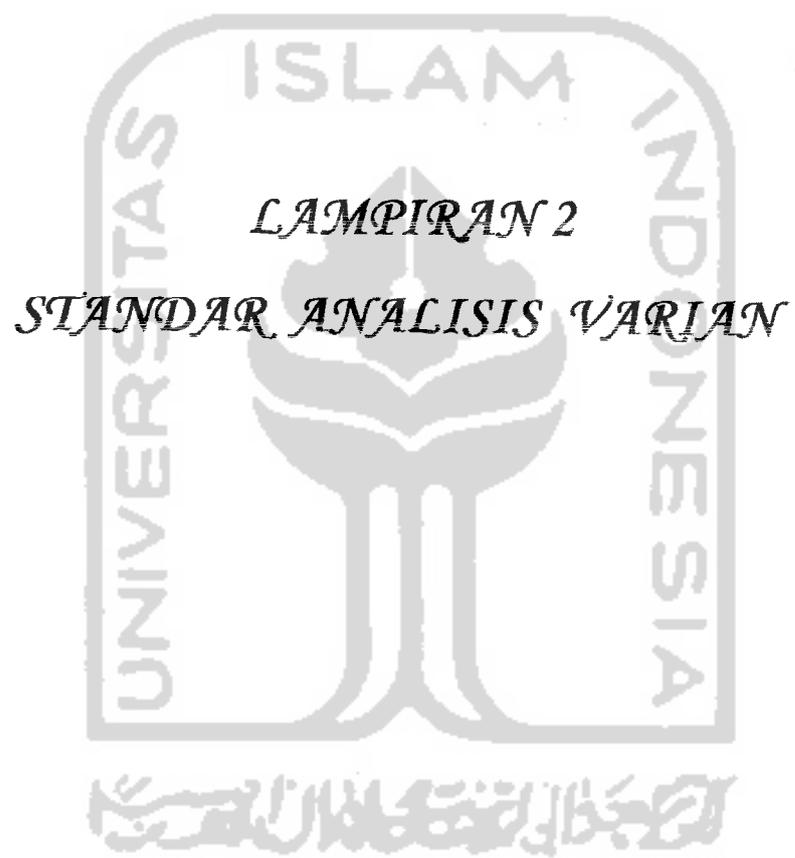
Wakil Dekan Bidang Kerjasama dan Penelitian Ketua Laboratorium Energi Kayu



**Dr. Ir. Sri Nugroho Marsoem, M. Agr.**  
NIP. 130681969



**Dr. Ir. J. P. Gentur Sutapa, M. Sc.**  
NIP. 131692718



ISLAM

LAMPIRAN 2

STANDAR ANALISIS VARIAN

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ مُحَمَّدٌ رَسُوْلُهُ

Lampiran XIII.  
TABEL F UNTUK 1%

Values of  $F_{0.01}$  †  
Degrees of freedom for numerator

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	4.052	5.000	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.982	6.023	6.056	6.106	6.157	6.209	6.235	6.261	6.287	6.313	6.339	6.366
2	98.5	99.0	99.2	99.2	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
3	34.1	30.6	29.5	28.7	28.2	27.9	27.7	27.5	27.3	27.2	27.1	26.9	26.7	26.6	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1
4	21.2	18.0	16.7	16.0	15.5	15.2	15.0	14.8	14.7	14.5	14.4	14.2	14.0	13.9	13.8	13.7	13.7	13.6	13.5
5	16.3	13.3	12.1	11.4	11.0	10.7	10.5	10.3	10.2	10.1	9.99	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.7	10.9	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.2	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.17	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.3	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.6	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.0	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.83	5.85	5.31	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.88	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.70	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.61	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.55
19	8.19	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.92	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.53	2.45	2.36	2.27	2.17
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.90	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.06	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

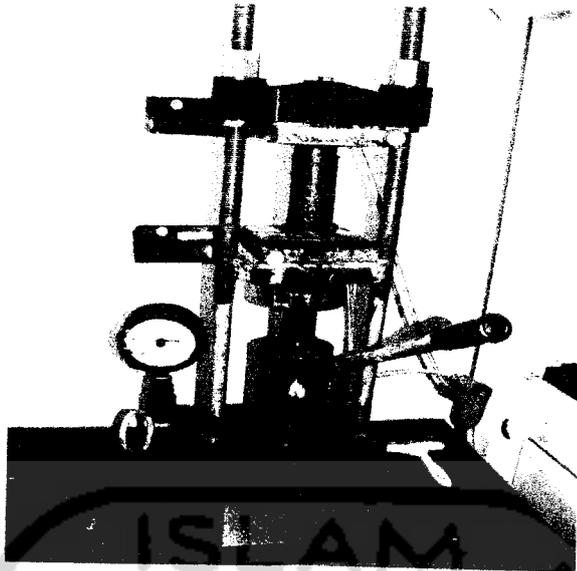
† This table is reproduced from M. Murrington and C. M. Thompson, "Tables of Percentage Points of the Inverted Beta (F) Distribution," *Biometrika*, Vol. 33 (1943), by Permission of the Biometrika Trustees.





*LAMPIRAN 3*

*DOKUMENTASI PENELITIAN*



**Gambar 1.** Mesin kempa panas hidrolik untuk mencetak ogalith



**Gambar 2.** Ogalith

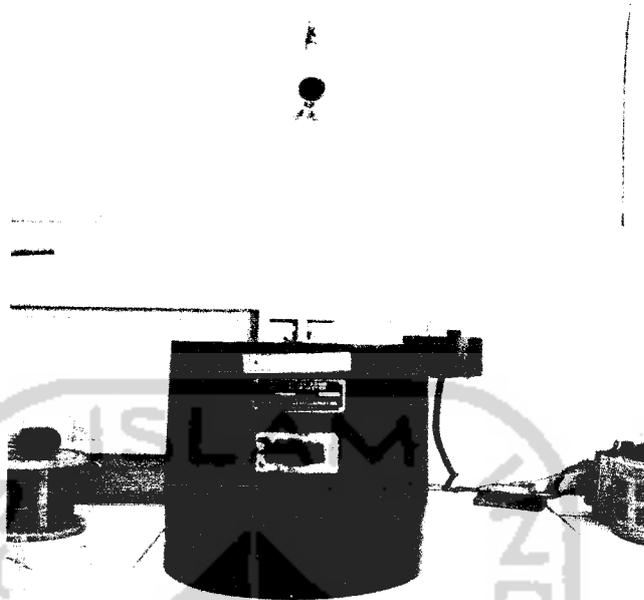


ISLAM

Gambar 3. Dapur pengarangan



Gambar 3. Arang briket.



Gambar 4. Alat pengukur nilai kalor.



Gambar 5. Alat pengukur kadar air.



**Gambar 6.** Alat tanur listrik untuk pengujian kadar abu dan zat mudah menguap.



جامعة الإسلام في إندونيسيا

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Indriyani Harpratiwi	01513018	Teknik Lingkungan
2			

**JUDUL TUGAS AKHIR** : Pengaruh Tekanan kempa Terhadap Kalor Dengan Bahan Bakar Briket Dari Campuran Sekam Padi dan Serbuk Gergaji, dan Uji Temperatur Pada Media Tungku

**PERIODE IV**  
**TAHUN 2006/2007**

No	kegiatan	Bulan Ke					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I  
DOSEN PEMBIMBING II  
DOSEN PEMBIMBING III

Ir.H. Kasam, MT  
Dr. Ir. J.P. Gentur Sutapa, MSC



Yogyakarta, 14 November 2006  
Koordinator TA

(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar .....  
Sidang .....  
Pendadaran .....

GATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
		Keluar polidam / pengurusan materi- tugas - Perbaiki senar Catatan pd masing- - halaman - English Abstract		
	9/02'07	- Deskripsi / asistensi daya pembunby	Plan	
	10/02'02	- Abstract di perbaiki - Pengurusan materi lebih ditingkatkan	Plan	
	13/02/06	- Perbaiki Pustaka		Plan
	14/2'07	- ACC Summary - Hand perbaikan or asistensi ke kembali	Plan	
	20/07	- Koreksi Teja	Plan	

27/2/02 / Kons mnc Plan

28/2/07 ACC Plan

6/7'07 ACC, bisa di judul Plan