



**PENGARUH KOMPOSISI BAHAN LIMBAH  
ORGANIK TERHADAP KARAKTERISTIK  
BRIKET BIOARANG**

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**oleh  
Dimas Wahyu Santoso  
5201412017**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**

## HALAMAN PENGESAHAN

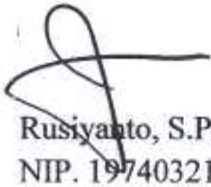
Skripsi dengan judul Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang telah dipertahan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 17 bulan Oktober tahun 2016.

Oleh

Nama : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

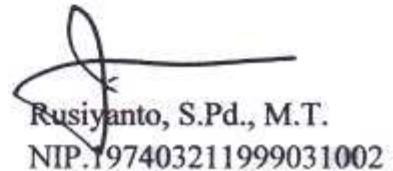
Panitia

Ketua Panitia



Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



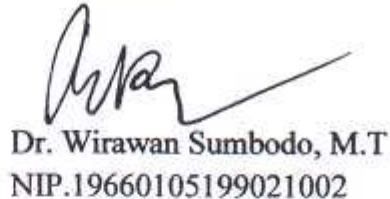
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Penguji Utama



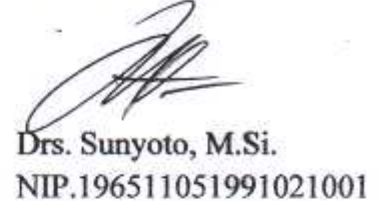
Danang Dwi Saputro, S.T., M.T.  
NIP. 197811052005011001

Pembimbing I



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.  
NIP. 19660105199021002

Pembimbing II



Drs. Sunyoto, M.Si.  
NIP. 196511051991021001

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang”** ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 17 Oktober 2016

Yang membuat pernyataan



Dimas Wahyu Santoso

NIM 5201412017

## ABSTRAK

Dimas Wahyu Santoso. 2016. Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang. Skripsi. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

**Kata kunci** : Briket, Komposisi, Karakteristik, Limbah Organik

Limbah organik yang berada di sekitar lingkungan masyarakat dapat dimaksimalkan potensinya selain dijadikan menjadi kompos dapat dijadikan pula sebagai bahan bakar alternatif berupa briket bioarang. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi dari bahan baku arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon terhadap karakteristik briket bioarang dan komposisi yang tepat untuk mendapatkan nilai kalor yang maksimal. Setelah mengetahui komposisi yang tepat terhadap nilai kalor maksimal dapat dicetak secara masal.

Bahan baku yang didapat sekitar Universitas Negeri Semarang selanjutnya diarangkan atau dikarbonasi dengan furnace bertemperatur suhu 400°C selama 2 jam dengan menggunakan metode pengarangan pirolisis. Sesudah menjadi arang selanjutnya digiling untuk menjadi serbuk dengan ukuran 60 mesh. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah komposisi serbuk briket setiap 100 gr dan dibuat menjadi 7 spesimen dengan komposisi yang berbeda. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat menguap (*volatile matter*), kadar karbon terikat (*fixed carbon*), dan laju pembakaran briket. Hasil data diperoleh dari uji laboratorium dan teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variasi komposisi pada 7 spesimen briket bioarang yang berupa hasil dari pengujian nilai kalor, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan laju pembakaran yang berbeda. Hal ini disebabkan karena arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon memiliki karakteristik yang berbeda. Pada komposisi bahan baku dengan perbandingan arang sekam 25 gr, arang daun 50 gr, dan arang ranting pohon 25 gr menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 5310,84 kal/gr.

## PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kehadirat atas rahmat Allah SWT dan bimbingannya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang”. Dalam pembuatan skripsi ini banyak pihak yang membantu dalam kelancaran dalam proses penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis memperoleh bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut .

1. Dr. Nur Qudus, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Rusiyanto S.Pd, M.T. selaku Kajar Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang sekaligus Kaprodi Pend. Teknik Mesin, S1
3. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T selaku dosen pembimbing pertama
4. Drs. Sunyoto, M.Si selaku dosen pembimbing kedua
5. Danang Dwi Saputro, S.T., M.T sebagai dosen penguji yang telah memberikan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu yang memberi do'a restu demi kelancaran skripsi ini.
7. Pakde Budi dan Bude Wiwik yang membiayai dari awal kuliah hingga selesai menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman seangkatan prodi Pend. Teknik Mesin, S1 yang bersama-sama berjuang untuk menyelesaikan skripsi.
9. Keluarga besar Lekmapala FT UNNES

10. Teman-teman Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik 2014
11. Teman-teman Badan Eksekutif Mahasiswa Keluarga Mahasiswa Universitas Negeri Semarang 2015
12. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah serta keselamatan dan kebahagiaan kepada semua pihak yang terkait dalam skripsi ini.

Semarang, Oktober 2016

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Pembatasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II. KAJIAN PUSTAKA .....	7
A. Kajian Teori.....	7
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	27
C. Kerangka Berfikir .....	31
BAB III. METODE PENELITIAN .....	32
A. Jenis dan Desain Penelitian .....	32
B. Bahan Penelitian .....	32

C. Alat Penelitian .....	32
D. Variabel Penelitian .....	33
E. Prosedur Penelitian .....	34
F. Teknik Pengumpulan Data .....	44
G. Teknik Analisis Data .....	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	49
A. Hasil Penelitian .....	49
B. Pembahasan .....	57
BAB V PENUTUP .....	59
A. Simpulan .....	59
B. Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	63



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Kualitas Kimia Bahan Baku Briket Arang Sekam .	8
Tabel 2.2 Hasil Uji <i>Proximate</i> Bahan Daun Sebelum Dibriketkan .....	9
Tabel 2.3 Hasil Pengujian Bahan Baku Briket Ranting Pohon yang Dichelupkan Minyak Jelantah.....	9
Tabel 2.4 Perbandingan Harga Dengan Bahan Bakar Lain .....	20
Tabel 2.5 Kualitas Briket Arang Jepang, Inggris, Amerika dan Indonesia .....	21
Tabel 2.6 Hubungan Jenis Briket Dengan Lamanya Waktu Pendidihan Air 1 Liter, Nilai Kalor dan Besarnya Nyala api .....	22
Tabel 2.7 Lama Asap Ditimbulkan dari Berbagai Jenis Briket .....	25
Tabel 3.1 Perbandingan Komposisi Serbuk Limbah Organik .....	33
Tabel 3.2 Data Instrumen Pengujian Nilai Kalor Briket Bioarang .....	44
Tabel 3.3 Data Instrumen Pengujian Kadar Air Briket Bioarang.....	45
Tabel 3.4 Data Instrumen Pengujian Kadar Abu Briket Bioarang .....	45
Tabel 3.5 Data Instrumen Pengujian Kadar Zat Menguap Briket Bioarang	46
Tabel 3.6 Data Instrumen Pengujian Kadar Karbon Terikat .....	47
Tabel 3.7 Data Instrumen Pengujian Laju Pembakaran Briket .....	47
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Nilai Kalor Bahan Baku Limbah Organik .....	49
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket Bioarang .....	49
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air Briket Bioarang .....	51
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Abu Briket Bioarang .....	52
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Zat Menguap Briket Bioarang .....	54
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat .....	55
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Laju Pembakaran Briket .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengarangan metode konvensional .....	12
Gambar 2.2 Metode <i>klin</i> drum .....	14
Gambar 2.3 Metode <i>klin</i> bata .....	16
Gambar 2.4 Kerangka berfikir .....	31
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	34
Gambar 3.2 Furnace .....	35
Gambar 3.3 Thermocontrol furnace .....	36
Gambar 3.4 Mesin penggiling arang .....	37
Gambar 3.5 Ukuran spesimen .....	37
Gambar 3.6 Alat pencetak briket .....	38
Gambar 3.7 Alat pengujian nilai kalor .....	38
Gambar 3.8 Timbangan digital .....	40
Gambar 3.9 Cawan ditutup alumunium foil .....	42
Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai kalor briket bioarang .....	50
Gambar 4.2 Grafik perbandingan kadar air briket bioarang .....	51
Gambar 4.3 Grafik perbandingan kadar abu briket bioarang .....	53
Gambar 4.4 Grafik perbandingan kadar zat menguap briket bioarang .....	54
Gambar 4.5 Grafik perbandingan kadar karbon terikat briket bioarang ...	55
Gambar 4.6 Grafik perbandingan laju pembakaran briket bioarang .....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengujian Karakteristik Briket Bioarang .....	63
2. Dokumentasi Penelitian .....	69
3. Surat Penelitian .....	71

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Cadangan bahan bakar fosil sampai tahun ini semakin berkurang karena dipergunakan terus menerus oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan kesehariannya. Mendaur ulang bahan bakar fosil diperlukan waktu yang sangat lama, sedangkan tiap tahunnya kebutuhan akan energi semakin meningkat dan tidak dapat ditunda. “Kebutuhan energi baik dalam skala nasional maupun internasional terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu seiring dengan meningkatnya proses industrialisasi di seluruh dunia”(Widarto, 1995:20).

Menurut Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah, dan B3 KLHK Tuti Hendrawati Mintarsih menyebutkan total jumlah sampah Indonesia di 2019 akan mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton atau 14 persen dari total sampah yang ada. Sedangkan data dari DPU Kota Semarang Subdinas Kebersihan dan Pertamanan pada tahun 2014 yaitu timbulan sampah di Kota Semarang setiap harinya mencapai 4.274 m<sup>3</sup> yang berasal dari rumah-rumah penduduk, pasar maupun fasilitas lainnya.

. Produksi sampah yang volumenya akan selalu bertambah jika tidak ditanggulangi akan berdampak pada aspek lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitat tempat penampungan sampah. Sampai saat ini paradigma pengelolaan sampah yang digunakan yaitu kumpul, angkut, dan buang. Andalan utama sebuah kota dalam menyelesaikan masalah sampahnya adalah pemusnahan dengan

*landfilling* pada sebuah TPA. Sementara di kota Semarang belum ada pengolahan limbah organik menjadi briket bioarang.

Upaya yang dapat menambah dalam rangka mengurangi volume pada sampah organik selain dilakukan penimbunan untuk dijadikan kompos adalah menjadikan limbah organik menjadi energi alternatif berupa bahan baku pembuatan briket yang berdampak pula sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil. “Briket bioarang dapat dibuat dengan dua cara, yaitu bahan organik diarangkan terlebih dahulu kemudian dicetak, atau dengan mencetak bahan organik terlebih dahulu kemudian diarangkan”(Widarto, 1995:26).

Hasil survei lapangan dengan Bapak Suseno pemilik Mega Gama Klaten telah dapat memadukan unsur bahan baku limbah onggok, arang kayu, batang padi, aneka sabut, sekam padi, gergajian kayu, ampas batang tebu, kotoran sapi, batang tembakau, cangkang tembakau, kulit kacang, dan daun-daun yang didapatkan dari daerah sekitar selanjutnya dikarbonasi untuk dijadikan briket yang sampai saat ini sudah diperjual belikan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat disekitar tempat produksi tersebut. Pemanfaatan bahan baku untuk pembuatan briket bioarang berdasarkan limbah yang berada di sekitar tempat produksi.

Limbah organik yang cukup banyak berada di sekitar Universitas Negeri Semarang khususnya didaerah Gunungpati adalah ranting kayu, daun-daunan, dan sekam padi. Limbah tersebut banyak dikarenakan Univeritas Negeri Semarang memiliki pohon yang banyak dan setiap harinya ditumpuk selanjutnya ada yang diolah untuk dijadikan kompos. Sedangkan untuk sekam padi didapat dari penggilingan gabah di Kecamatan Gunungpati. Dari pernyataan tersebut terdapat

peluang untuk mengkomposisikan limbah organik untuk mendapatkan hasil pembakaran yang maksimal.

Penelitian sebelum telah meneliti nilai kalor dari briket arang sekam padi, arang daun, dan arang ranting pohon. Menurut penelitian Jamilatun (2008:39) menyatakan bahwa “nilai kalor terendah dimiliki briket dari sekam padi dengan nilai kalor sebesar 3.072,76 kal/g”. Dilanjutkan dengan penelitian Rafsanjani (2012:4) nilai kalor dari briket arang daun sebesar 4.033 kal/g sedangkan dalam penelitian Nufus (2011) hasil dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada arang kayu yang telah dicelupkan dalam minyak jelantah adalah 10.789,5 kal/g.

Pembuatan briket bioarang dimulai dari pengarang bahan baku selanjutnya dicampurkan dengan perekat tepung tapioka dan dicetak dengan mesin pencetak briket. Menurut penelitian Siahaan (2013:29) “kondisi optimum karbonisasi untuk sekam padi, yaitu pada suhu 400°C selama 120 menit dengan kadar karbon terikat 41,3 %, kadar air 6,1 %, kadar abu 32,6 % dan kadar zat mudah menguap 20,5 %. Sedangkan untuk perekat menurut penelitian Patabang (2012) “kandungan bahan perekat yang terbaik yaitu pada kondisi campuran 7%, dimana menghasilkan kandungan *Fixed*, nilai kalor dan *volatile matters* terbesar”. Dalam penelitian ini, komposisi variasi bahan baku yaitu berupa limbah ranting pohon, daun-daunan, dan sekam karena tidak banyak dimanfaatkan oleh masyarakat.

## **B. Identifikasi Masalah**

1. Cadangan bahan bakar fosil semakin berkurang karena dipergunakan terus menerus sehingga dibutuhkan energi alternatif yang dapat dipergunakan oleh masyarakat untuk kebutuhan keseharian.

2. Penumpukan sampah di skala nasional harus diperhatikan dan diperlukan penangan karena akan berdampak pada kesehatan masyarakat di lingkungan tempat penimbunan.
3. Limbah organik yang biasanya hanya dianggap sebagai sampah yang tidak menguntungkan sebenarnya dapat dipergunakan kembali untuk keseharian dan belum dipergunakan secara maksimal.
4. Mengatasi permasalahan limbah organik dengan cara menjadikan bahan baku pembuatan briket bioarang dengan komposisi campuran bahan baku yang tepat.

### **C. Pembatasan Masalah**

1. Dalam penelitian ini menggunakan bahan baku limbah organik yang telah diarsangkan berupa daun, sekam, dan ranting pohon.
2. Pengarangan bahan baku limbah organik dengan suhu 400°C selama 120 menit.
3. Komposisi campuran dari arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon akan direkatkan menggunakan tepung tapioka dengan persentase 7%.
4. Variasi campuran komposisi briket bioarang akan diuji nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat menguap (*volatile matter*), kadar karbon terikat (*fixed carbon*), dan laju pembakaran briket.

#### **D. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh variasi dari bahan baku arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon terhadap karakteristik briket bioarang?
2. Berapakah komposisi yang tepat untuk mendapatkan nilai kalor yang maksimal dengan bahan baku arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon ?

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi dari bahan baku arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon terhadap karakteristik briket bioarang.
2. Untuk mengetahui komposisi yang tepat terhadap nilai kalor maksimal dengan bahan baku arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian secara teoritis dan praktis sebagai berikut :

1. Teoritis
  - a. Hasil penelitian menjadi referensi campuran variasi komposisi yang tepat campuran arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon sebagai bahan bakar alternatif dari limbah organik.
2. Praktis
  - a. Menghasilkan bahan bakar alternatif berasal dari limbah organik.
  - b. Mampu mengembangkan pemanfaatan limbah organik menjadi energi alternatif yang berguna bagi masyarakat dan memberikan kontribusi dalam rangka penghematan bahan bakar fosil.



- c. Dapat memproduksi briket bioarang secara massal dengan limbah organik yang telah diketahui komposisi yang tepat.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif**

Briket arang merupakan bahan bakar padat yang mengandung karbon, mempunyai nilai kalori yang tinggi, dan dapat menyala dalam waktu yang lama. Sedangkan “biobriket didefinisikan sebagai bahan bakar yang berwujud padat dan berasal dari sisa-sisa bahan organik yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu”(Hambali, 2007:74).

Menurut Widarto (1995:17) briket bioarang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan arang biasa (konvensional), antara lain:

Bentuk dan ukurannya seragam, karena briket bioarang dibuat dengan alat pencetak khusus yang bentuk dan besar kecilnya bisa diatur sesuai dengan yang kita kehendaki. Mempunyai panas pembakaran yang lebih tinggi dibanding dengan arang biasa. Tidak berasap (jumlah asap kecil sekali) dibanding dengan arang biasa yang banyak mengandung asap tebal. Tampak lebih menarik karena bentuk dan ukurannya bisa dibuat sesuai dengan kehendak kita.

##### **a. Arang Sekam**

Arang sekam memiliki banyak kegunaan baik di dunia pertanian maupun kebutuhan industri. Para petani memanfaatkan arang sekam sebagai penggembur tanah, bahan pembuatan kompos, bokashi, takakura, media tanam dan media persemaian. Arang sekam dibuat dari pembakaran tak sempurna atau pembakaran parsial sekam padi. Bahan baku arang sekam bisa didapatkan dengan mudah di tempat-tempat penggilingan beras. Bahkan di

beberapa tempat, sekam padi dianggap sebagai limbah. Sebanyak 20-30% dari proses penggilingan padi akan dibuang dalam bentuk sekam padi.

Secara kimia, arang sekam memiliki kandungan unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Keasamannya netral sampai alkalis dengan kisaran pH 6,5 sampai 7.

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Kualitas Kimia Bahan Baku Briket Arang Sekam

Parameter	Hasil Pengujian
Kadar air	10,15
Kadar abu	17,71
Lemak	1,18
Protein	3,03
Karbohidrat	33,71
Serat	35,22
Siliki	16,98
Nilai kalori (Kal/gr)	3.300
Kerapatan jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	420

#### b. Arang Daun

Daun merupakan salah satu organ tumbuhan yang tumbuh dari ranting, biasanya berwarna hijau dan terutama berfungsi sebagai penangkap energi dari cahaya matahari untuk fotosintesis. Setiap rumah yang memiliki pohon pasti harus selalu membersihkan dari daun jatuh karena sudah mengering. Daun yang lebih sering dijadikan kompos saat dipendam dalam tanah memiliki nilai kalor yang tinggi untuk dijadikan bahan baku briket walaupun tidak mencapai standar SNI.

Dalam penelitian Rafsanjani (2012:4) keadaan awal bahan ketika diberi perlakuan dan melakukan pengujian *proximate* sebelum dilakukan pembriketan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2.2 Hasil Uji *Proximate* Bahan Daun Sebelum Dibriketkan

Analisa Proximate	Hasil Uji <i>Proximate</i>
Kadar air (%)	10,2
Kadar volatile (%)	80,52
Kadar abu (%)	7,65
Fixed carbon (%)	1,58
Nilai kalor (kal/g)	4.033

c. Arang Ranting Pohon

Ranting kayu dijadikan menjadi sumber energi yang lebih sering digunakan oleh masyarakat yang berada dalam pedesaan, dikarenakan mudah untuk dicari dilingkungan sekitarnya yang berupa hutan. Selain dapat digunakan secara langsung dapat diolah terlebih dahulu menjadi arang. Sebagai bahan bakar, beberapa sifat kayu dapat berpengaruh terhadap karakteristik panas yang dihasilkan. Sifat-sifat dari kayu yang berupa ranting pohon antara lain sifat fisis dan sifat kimia kayu.

Dalam penelitian Nufus (2011) hasil dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada arang kayu yang telah dicelupkan dalam minyak jelantah didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Bahan Baku Briket Ranting Pohon yang Dichelupkan Minyak Jelantah

Parameter	Hasil Pengujian
Air Lembab (%)	3,59
Abu (%)	1,25
Zat Terbang (%)	23,74
Karbon (%)	72,54
Nilai Kalor (Kcal/kg)	10789,50
Belerang (%)	0,03

## 2. Karbonisasi

Karbonisasi menurut istilah berarti penguraian biomassa karena panas di atas 150°C. Proses pengarangan merupakan proses pembentukan arang dari senyawa organik dalam bahan yang dominan yang mengandung selulosa. Proses pengarangan terjadi melalui pemutusan ikatan karbon dengan hidrogen, di mana karbon tersebut tidak mengalami proses oksidasi.

Proses pengarangan dihindari terdapatnya oksigen, sehingga energi yang diberikan terhadap senyawa karbon tersebut berperan dalam memutuskan ikatan atom karbon dengan atom lainnya dalam struktur heksagonal. Terdapatnya oksigen dari luar merupakan suatu faktor yang mempengaruhi hasil arang yang diperoleh karena karbon yang terbentuk dengan adanya oksigen akan mengalami reaksi lanjutan yaitu oksidasi, sehingga hasil akhirnya berupa abu. Produk yang paling penting dalam proses karbonasi adalah arang. Tahap-tahap karbonasi secara singkat adalah sebagai berikut:

- a. Pada awal pemanasan, air dalam bahan baku dilepaskan bersamaan CO dan CO<sub>2</sub> dalam jumlah kecil.
- b. Pada suhu 200 – 400°C sebagian besar selulosa murni terurai secara intensif disamping pembentukan gas juga dijumpai sejumlah senyawa kecil senyawa karbon.
- c. Pada suhu 400 – 500°C lignin terurai dan dihasilkan lebih banyak ter sedangkan gas menurun dan meningkatkan suhu, maka gas CO<sub>2</sub> semakin berkurang sedangkan gas CO, CH<sub>4</sub> dan CH<sub>2</sub> semakin meningkat.

- d. Pada suhu 500 – 700°C pembentukan tar dan gas hidrogen semakin bertambah, terbentuknya karbon mencapai 90 %.
- e. Diatas suhu 700°C diperoleh gas yang dapat diembunkan terutama terdiri atas gas hidrogen.

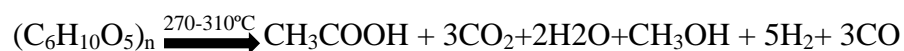
Karbonisasi dimaksudkan untuk meningkatkan nilai kalor pembakaran, mengurangi asap pada saat dibakar dan mempermudah pengempaan dan proses pembuatan briket. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil karbonisasi antara lain:

- a. Suhu akhir, lama proses kadar air, ukuran dan jenis bahan baku.
- b. Berat jenis bahan baku, dimana berat jenis yang lebih tinggi akan menghasilkan arang yang lebih berat.
- c. Kandungan lignin bahan baku. Semakin tinggi kandungan ligninnya maka semakin tinggi pula mutu arang yang dihasilkan

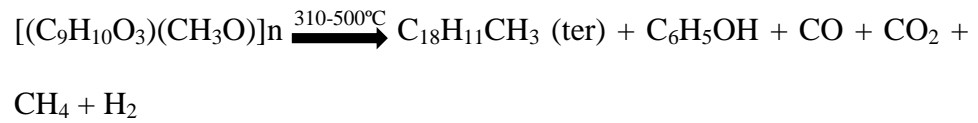
Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi adalah kecepatan pemanasan dan tekanan udara dalam tanur. Semakin cepat pemanasan, maka semakin sulit pengamatan tahap-tahap karbonisasi dan rendemen yang dicapai rendah. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil karbonisasi adalah kadar air bahan baku, kekerasan kayu, jumlah udara, suhu maupun lamanya pengarangan.

Adapun reaksi yang terjadi pada proses karbonisasi menurut penelitian Maryono (2013:79) yaitu:

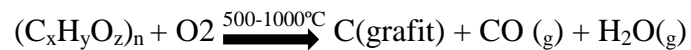
1. Reaksi penguraian selulosa



2. Reaksi penguraian lignin



3. Reaksi umum pembentukan karbon



### 3. Metode Pembuatan Arang

a. Metode Konvensional

Pembuatan arang dengan cara timbun merupakan banyak dilakukan di pedesaan dan tidak memerlukan biaya produksi tinggi. Arang yang dihasilkan umumnya hanya digunakan untuk bahan bakar dalam rumah tangga. Pada metode pembuatan arang ini, kayu langsung berhubungan dengan pemanas atau api dan tujuan utamanya memproduksi arang kayu. Metode pengarangan yang sangat sederhana adalah pembuatan arang dengan timbunan tanah. Prinsip kerjanya adalah kayu yang membara memberikan panas untuk berlangsungnya proses pengarangan.



Gambar 2.1 Pengarangan metode konvensional

Keuntungan pembuatan arang dengan cara timbun diperoleh kemudahan dalam penetapan lokasi pengarangan, penyesuaian timbunan dengan jumlah bahan baku yang tersedia dan dalam memproduksi arang dapat dilakukan dengan modal yang kecil. Selain itu, metode timbun juga mempunyai kelemahan yaitu proses karbonisasi tidak dapat diamati secara cermat atau sulit dikontrol dan proses pengarangan memerlukan waktu lama serta rendemen arang umumnya rendah.

Pada pembuatan arang dengan menggunakan metode lubang tanah, yang perlu diperhatikan adalah pemilihan lokasi pembuatan lubang tungku. Lokasi pembuatan lubang terletak relatif terlindung dari pengaruh hujan serta agak landai agar memudahkan didalam kegiatan pembuatan arang nantinya. Kelebihan pembuatan arang dengan menggunakan metode tungku lubang tanah adalah volume kayu serta ukuran bahan baku dari limbah yang digunakan relatif lebih besar. Lubang digali dalam tanah dengan ukuran 1 x 2 x 3 m, pada dasar lubang dimasukkan sedikit bahan baku kemudian dibakar setelah itu bahan tersebut ditambahkan secara bertahap sampai mencapai permukaan lubang. Air dipancarkan/dipercikkan bila dalam proses pembakaran timbul nyala api. Jika proses pembakaran telah selesai maka seluruh permukaan lubang ditutup dengan daun dan batang kemudian dibiarkan sampai dingin. Metode ini menghasilkan arang dengan mutu rendah dan umumnya hanya untuk keperluan rumah tangga.



### b. Metode *Kiln* Drum

Pembuatan arang dengan cara kiln drum umumnya digunakan untuk tujuan komersil. Dengan metode drum, karbonisasi dapat diamati dan diawasi melalui pengatur udara masuk dan tidak tergantung dari cuaca pada saat itu. Cara kiln drum ini cocok dikembangkan bagi penduduk yang berada di sekitar hutan guna untuk mengurangi limbah tebangan dari areal hutan produksi. *Kiln* ini terbuat dari besi yang terdiri atas dua buah silinder dipasang secara bersambung. Cara kerjanya adalah panas berasal dari bahan baku kayu itu sendiri yang dibantu oleh udara dari luar yang diatur menurut kapasitas kiln tersebut. Portable kiln memerlukan waktu pengarangan  $\pm 4$  (empat) hari untuk kapasitas 9 – 10 m<sup>3</sup> kayu dengan hasil arang  $\pm 1800$  kg.



Gambar 2.2 Metode *kiln* drum

Teknologi pembuatan arang dengan *kiln* drum adalah suatu metode pembuatan arang yang murah dan sederhana tetapi dapat menghasilkan rendemen dan kualitas arang yang cukup tinggi. Teknologi ini dapat diterapkan pada industri rumah tangga di pedesaan karena bahan

konstruksi drum bekas mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah. Selain itu, konstruksi tungku dan operasi pengolahannya mudah dilakukan oleh siapa saja yang berminat dan tidak memerlukan pendidikan khusus.

Sebelum melaksanakan pembakaran terlebih dahulu alat dibersihkan dari sisa abu yang tertinggal di dasar drum. Selanjutnya pada dasar drum diberi beberapa kayu atau kertas dan dibakar, kemudian dibiarkan sampai bahan tersebut menyala, kemudian ditambahkan setengah dari drum ke dalam tungku pembakaran, pada tahap ini harus dijaga agar bahan yang dibakar tidak menyala. Untuk tahap penambahan selanjutnya dilakukan apabila bahan yang sedang dibakar menyala dan tidak mau padam walaupun telah ditutup penutup drumnya. Banyaknya penambahan sama dengan penambahan pertamanya. Pekerjaan ini dilakukan sampai drum pembakaran penuh, setelah itu bahan yang ditambahkan terkarbonisasi drum ditutup tapi lubang kecil tetap dibiarkan terbuka. Setelah ada tanda-tanda asap putih kebiruan yang halus keluar dari lubang kecil penutup drum maka lubang tersebut ditutup rapat dan akhirnya drum dibiarkan sampai bahan terkarbonisasi penuh dikeluarkan dari drum pembakaran.

#### c. Metode *Kiln* Bata dan Beton

*Kiln* bata merupakan modifikasi dari model Thailand yang dirancang untuk kemudahan operasi dan kualitas arang yang dihasilkan. Dengan menggunakan dinding terbuat dari bata yang dipleser atau kombinasinya dengan campuran pasir dan semen, maka kiln dapat dibuat

dalam ukuran besar dan permanen sehingga bahan baku dapat terkontrol sehingga waktu proses lebih cepat serta menghasilkan arang dalam jumlah lebih banyak, seragam dan kualitas yang lebih baik. Perkembangan lanjut tipe ini mengarah pada variasi bentuk dinding, atap, bahan konstruksi, jumlah cerobong asap, lubang pengapian dan ukuran pintu pemasukan bahan baku.



Gambar 2.3 Metode *klin* bata

*Kiln* terdiri atas ruang pembakaran, pintu pemasukan kayu, lubang pembakaran, lubang udara, lubang penguapan dan cerobong asap. Badan dan atap kiln terbuat dari bata, dengan ukuran diameter 2,2 m dan tinggi 1,6 m. Lubang pembakaran berjumlah 2 buah, lubang udara 6 buah, lubang penguapan 4 buah, cerobong asap 1 buah dan pintu pemasukan kayu 1 buah. Ukuran kayu berdiameter 10 – 25 cm dan panjang antara 25 – 50 cm, lama proses pengarangan dari saat pembakaran sampai arang

dikeluarkan dari kiln adalah 2,5 hari (55 jam) atau seluruhnya memerlukan siklus waktu 6 – 7 hari.

#### d. Metode Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis adalah kasus khusus termolisis. Pirolisis ekstrem, yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu, disebut karbonisasi. Briket batubara terkarbonisasi adalah briket yang sebelumnya mengalami suatu proses karbonisasi. Karbonisasi adalah proses pemanasan batubara sampai suhu dan waktu tertentu berkisar 200°C – di atas 1000°C pada kondisi sedikit oksigen untuk menghilangkan kandungan zat terbang batubara sehingga dihasilkan padatan yang berupa arang batubara atau kokas atau semi kokas dengan hasil samping tar dan gas.

Pirolisis biasanya pertama reaksi kimia yang terjadi dalam membakar banyak bahan bakar organik padat, seperti kayu, kain, dan kertas, dan juga dari beberapa jenis plastik. Dalam sebuah kayu api, api yang terlihat tidak akibat pembakaran kayu itu sendiri, melainkan gas yang dirilis oleh pirolisis; sedangkan api-kurang pembakaran bara adalah pembakaran residu padat (arang) yang ditinggalkan itu.

Pirolisis telah digunakan sejak zaman untuk mengubah kayu menjadi arang dalam skala industri. Selain kayu, proses juga dapat menggunakan serbuk gergaji dan produk-produk limbah kayu lainnya.

Arang diperoleh dengan memanaskan kayu sampai lengkap pirolisis (karbonisasi), hanya meninggalkan karbon dan anorganik abu.

#### **4. Syarat Pembuatan Briket Bioarang**

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

- a. Bahan baku briket dapat dibuat dari bermacam-macam bahan baku, seperti ampas tebu, sekam padi, serbuk gergaji kayu, dan bahan limbah pertanian. Bahan utama yang terdapat bahan baku adalah selulosa.
- b. Semakin tinggi kandungan selulosa maka semakin baik kualitas briket, briket yang mengandung zat terbang terlalu tinggi cenderung mengeluarkan asap dan bau tidak sedap.
- c. Bahan perekat untuk merekatkan partikel-partikel zat bahan baku pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat perekat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Bahan perekat dapat dibedakan atas 2 jenis:

##### 1) Perekat organik

Perekat organik yang termaksud jenis ini adalah sodium silika, magnesium, semen dan sulfit. Kerugian dari penggunaan perekat ini adalah sifatnya meninggalkan abu sekam pembakaran.

##### 2) Bahan perekat tumbuh-tumbuhan

Jumlah bahan perekat yang dibutuhkan untuk jenis ini jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan perekat hidrokarbon. Kerugian yang dapat

ditimbulkan adalah arang cetak (briket) yang dihasilkan kurang tahan kelembaban.

Hidrokarbon dengan berat molekul besar bahan perekat jenis ini seringkali dipergunakan sebagai bahan perekat untuk pembuatan arang cetak batu bara cetak. Dengan pemakaian bahan perekat maka tekanan akan jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan briket tanpa memakai perekat. Dengan adanya penggunaan bahan perekat maka ikatan antar partikel semakin kuat, butiran-butiran arang akan saling mengikat yang menyebabkan air terikat pada pori-pori arang.

Penggunaan bahan perekat dimaksudkan untuk menahan air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat dua substrat yang direkatkan. Dengan adanya bahan perekat maka susunan partikel makin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekanan arang briket akan semakin baik. Dalam penggunaan bahan perekat harus memperhatikan faktor ekonomi maupun non-ekonominya.

Prinsip pembuatan arang aktif adalah proses karbonasi, yaitu proses pembentukan tongkol jagung menjadi arang (karbon), kemudian diaktifasi dengan bahan-bahan kimia seperti NaOH,  $ZnCl_2$ , asam-asam anorganik misalnya asam sulfat dan asam fosfat, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat. Proses aktivasi ini bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat baik fisika maupun

kimia sehingga permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Pemilihan proses pembriketan tentunya mengacu pada segmen pasar agar memperoleh nilai ekonomi, teknis lingkungan yang optimal. Pembriketan bertujuan untuk memperoleh suatu bahan bakar yang berkualitas yang dapat digunakan untuk semua sektor sebagai sumber energi pengganti. Daya serap (absorpsi) arang aktif umumnya bergantung pada jumlah senyawaan karbon bebas yang berkisar 85 – 95%.

## 5. Analisa Ekonomi

Berikut adalah tabel perbandingan antara produk briket hasil penelitian dengan bahan bakar lain yang meliputi minyak tanah, LPG dan briket batu bara yang dianalisa berdasarkan nilai ekonomis produk menurut Rafsanjani (2012:5) .

Tabel 2.4 Perbandingan Harga Briket Dengan Bahan Bakar Lain

<b>Bahan Bakar</b>	<b>Nilai kalor (Kkal/Kg)</b>	<b>Harga (perkg atau perliter) (Rp)</b>	<b>Harga perKkal (Rp)</b>
Minyak Tanah	10,800	11,000	1.019
LPG	11,200	4,333	0.387
Batu bara	6,000	3,000	0.500
Briket enceng gondok dan daun	4,348	4,000	0.920

## 6. Karakteristik Briket Bioarang

Pemberiketan merupakan metode yang efektif untuk mengonversi bahan baku padat menjadi suatu bentuk hasil kompaksi yang lebih mudah

untuk digunakan (Sriharti, 2011:41). Briket harus memenuhi standar mutu supaya dapat digunakan untuk keperluan. Baik dalam artian permukaan yang halus dan tidak meninggalkan warna hitam ditangan. “Sifat-sifat penting dari briket yang mempengaruhi kualitas bahan bakar ada sifat fisik dan kimia seperti kadar air,kadar abu dan kadar zat yang hilang pada pemanasan 950°C dan nilai kalor” (Maryono, 2010:75).

Mutu briket dipengaruhi pula oleh jenis bahan perekat serta pengujian yang dilakukan. Dalam penelitian Sulisyanto (2007:45) didapatkan bahwa “karakteristik pembakaran briket bioarang yang berbahan perekat pati memiliki temperatur pembakaran yang lebih tinggi dari tetes tebu menghasilkan polusi yang tinggi”.

Temperatur penyalaan yang lebih rendah dan *burnout time* yang lebih pendek dimiliki briket bioarang dibanding briket batubara. Saat briket dipanaskan, temperatur akan naik, disaat tercapainya temperatur tertentu *volalite matter* keluar dan terbakar.

Tabel 2.5 Kualitas Briket Arang Jepang, Inggris, Amerika dan Indonesia

Sifat briket	Kualifikasi briket			
	Jepang	Inggris	Amerika	Indonesia
Kadar air (%)	6 – 8	3 – 4	6	7,75
Kadar abu (%)	3 – 6	8 – 10	18	5,51
Kadar zat menguap (%)	15 – 30	16	19	16,14
Kadar karbon terikat (%)	60 – 80	75	58	78,35
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	1 – 2	0,84	1	0,4407
Keteguhan tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	60	12,7	62	0,46
Nilai kalori (kal/g)	6000 – 7000	6500	7000	6814,11

Pada tabel 2.5 menunjukkan kualitas briket briket arang Jepang, Inggris, Amerika dan Indonesia Hendra dalam Widarti (2012:2). Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah berat jenis bahan bakar



atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, dan tekanan pada saat dilakukan pencetakan. Pencampuran dengan formula yang baik juga berpengaruh dengan sifat briket. “Kombinasi campuran bahan baku yang terbaik ditinjau dari segi nilai kalor bakar briket arang yang dihasilkan”(Hendra, 2007:18). Bahan bakar memiliki parameter yang akan dibahas antara lain sebagai berikut :

a. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan dan diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) dan dinyatakan dalam satuan Btu/lb atau kJ/kg. Salah satu parameter untuk menentukan kualitas briket dalam penggunaannya, untuk mengetahui kualitas briket yang dihasilkan dari nilai panas pembakaran briket. “Semakin tinggi nilai kalori, semakin baik kualitas briket yang dihasilkan” (Sriharti, 2011:44).

Hasil pembakaran lebih efisien dan menghemat kebutuhan briket yang digunakan didapatkan dari nilai kalor yang tinggi. Dalam penelitian Jamilatun (2008:40) didapatkan hubungan briket dengan lamanya waktu pendidihan air 1 liter, nilai kalor dan besarnya nyala api pada tabel ini :

Tabel 2.6 Hubungan Jenis Briket dengan Lamanya Waktu Pendidihan Air 1 Liter, Nilai Kalor dan Besarnya Nyala Api

No	Jenis Briket	Lama waktu pendidihan, menit	Nilai Kalor, kal/g	Nyala api
1	Tempurung kelapa	7,19	5.780	Besar
2	Serbuk Gergaji kayu jati	6,19	5.479	Besar
4	Sekam padi	5,15	3.073	Besar
5	Batubara terkarbonisasi	5	6.158	Sedang
6	Batubara non karbonisasi	5,01	6.058	Sedang
7	Bonggol jagung	5	5.351	Besar
8	Arang kayu	8	3.583	Sedang

Adapun alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalor melalui percobaan Bom Kalorimeter menurut ASTM D 2015. Besar nilai kalor dapat dirumuskan sebagai berikut (Patabang, 2012 : 289) :

$$\text{HHV} = \frac{(\Delta t \times \text{EEV}) - (e_1 - e_2)}{m}$$

Dimana :

HHV = Highest Heating Value (kal/gram)

$\Delta t$  = kenaikan suhu pembakaran di dalam bom kalorimeter( $^{\circ}\text{C}$ )

EEV = ketetapan standar benzoat 2465,57 (kal/ $^{\circ}\text{C}$ )

$e_1$  = panjang (cm) kawat yang terbakar x 2,3 kal

$e_2$  = mL titrasi sodium carbonat x 1 kal

m = massa sampel (gr)

#### b. Kadar Air

Setiap bahan baku pembuatan briket memiliki kadar air yang dapat berpengaruh pada asap yang berwarna putih atau hitam yang dihasilkan saat pembakaran. Bukan hanya dalam bahan baku yang memiliki kadar air tetapi didapatkan pula pada bahan perekat untuk menyatukan arang menjadi briket. Hal ini dibuktikan dari “uji kadar air yang menunjukkan semakin banyak bahan perekat, kadar airnya juga semakin tinggi”(Ghandi, 2010:7). Kadar air berpengaruh besar terhadap panas dari pembakaran yang dihasilkan.

“Pada kadar air yang tinggi akan menyulitkan dalam penyalaan, berasap dan panas yang berkurang”(Sriharti, 2011:43). Sehingga untuk mengurangi kadar air harus diberikan tekanan pengempaan yang cukup tinggi pada saat akan membuat briket.

Adapun alat yang digunakan untuk mengukur menggunakan oven, desikator dan timbangan digital. Besar kadar air ditentukan dengan persamaan (Maryono, 2013 : 77) menurut SNI 06-3730-1995 :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

Dimana

$M_1$  = bobot cawan kosong + bobot sampel sebelum pemanasan (gram)

$M_2$  = bobot cawan kosong + bobot sampel setelah pemanasan (gram )

#### c. Kadar Abu

Pengujian kadar abu untuk mengetahui bagian briket yang tidak terbakar dan tidak memiliki unsur karbon didalamnya. Kadar abu briket bioarang tergantung dari jenis bahannya. Tingginya kadar abu dalam briket disebabkan oleh tingginya kadar silika yang terkandung dalam sekam, yaitu sebesar 16,98 % (Sriharti, 2011:43). Kadar abu hasil pembakaran sebanding dengan kandungan bahan anorganik yang terdapat dalam briket.

Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kadar abu menggunakan cawan, tanur dan timbangan digital. Besar kadar abu ditentukan dengan persamaan (Patabang, 2012 : 289):

$$\text{Kadar abu (Ash) \%} = \frac{F}{C} \times 100\%$$

Dimana :

B = berat cawan dan tutup (g)

A = berat cawan dan tutup dan sampel (g)

D = berat cawan dan tutup dan residu (g)

C = berat sampel = (A-B)

$$F = \text{berat residu} = (D-E)$$

d. Kadar Zat Menguap (*Volatille Matter*)

Jenis bahan baku berpengaruh terhadap kadar zat menguap pada briket yang dihasilkan setelah pembakaran. Pengaruh *vollatile matter* terhadap kandungan karbon pada briket arang tongkol jagung yaitu semakin tinggi nilai *vollatile matter* maka nilai *fixed carbonnya* semakin rendah. Kandungan zat menguap yang tinggi berakibat pada asap dari proses pembakaran briket. Hal ini disebabkan adanya kandungan zat-zat menguap seperti CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O (Maryono, 2013 : 81).

“Semakin besar suhu dan waktu pengarangan maka semakin banyak zat menguap yang terbang sehingga pada saat pengujian kadar zat menguap akan diperoleh kadar zat menguap yang rendah”(Maryono, 2013 : 81). Dalam penelitian Jamilatun (2008:39) didapatkan kadar zat menguap pada tabel ini :

Tabel 2.7 Lama asap ditimbulkan dari berbagai jenis briket

No	Jenis Briket	Kadar volatil, %	Asap yang ditimbulkan; lama asap hilang,menit
1	Tempurung kelapa	89,85	Banyak(hitam); 37,04
2	Serbuk Gergaji kayu jati	89,88	Banyak(putih) ; 20,08
4	Sekam padi	78,79	Banyak(hitam); 29,49
5	Batubara terkarbonisasi	22,10	Banyak(putih) ; 4,59
6	Batubara non karbonisasi	24,30	Banyak(putih) ; 4,06
7	Bonggol jagung	85,57	Banyak,putih; 17,59
8	Arang kayu	36,69	Banyak,hitam; 35,54

Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kadar zat menguap (*Volatile metter*) menggunakan tanur, cawan dan timbangan digital. Besar kadar zat menguap ditentukan dengan persamaan (Patabang, 2012 : 289):

$$\text{Volatille Matter (\%)} = \left[ \frac{A-D}{C} \right] \times 100 \% - F (\%)$$

Dimana

A = berat sampel dan cawan (g)

B = berat cawan (g)

C = A-B

D = berat cawan dan residu (g)

F = *moisture* dalam analisis sampel (%)

e. Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Pembakaran dari briket akan meninggalkan sisa yaitu berupa abu. Sebelum menjadi abu terdapat karbon terikat yang menyebabkan adanya nyala api dan laju pembakaran. Kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh struktur bahan, kandungan karbon terikat dan tingkat kekerasan bahan (Jamilatun, 2008:39).

Fixed carbon dihitung dari 100 % dikurangi dengan kadar air lembab (*moisture*) dikurangi kadar abu, dikurangi kadar zat terbang (*volatile matters*) (Patabang, 2012 : 290) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{FC (\%)} = 100 \% - (\text{moisture} + \text{kadar abu} + \text{volatile matters} )\%$$

f. Laju Pembakaran Briket

Laju pembakaran briket adalah kecepatan briket habis sampai menjadi abu dengan berat tertentu. Semakin tinggi kandungan senyawa yang mudah

menguap (*volatile matter*) didalam briket semakin tinggi pula laju pembakarannya. Namun sebaliknya semakin besar kerapatan (*density*) semakin lambat laju pembakaran yang akan terjadi. “Pada umumnya kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor dan laju pembakaran karena panas yang diberikan digunakan terlebih dahulu untuk menguapkan air yang terdapat di dalam briket” (Maryono, 2013:80).

Kenaikan konsentrasi oksigen dalam gas menimbulkan laju pembakaran yang lebih tinggi. Menurut penelitian Syamsiro dalam Siti (2008) tentang briket bioarang diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran briket bioarang yaitu :

1. Laju pembakaran briket bioarang semakin tinggi dengan semakin tingginya kandungan senyawa yang mudah menguap (*volatile matter*)
2. Briket bioarang dengan nilai kalor yang tinggi dapat mencapai suhu pembakaran yang tinggi dan pencapaian suhu optimumnya cukup lama.
3. Semakin besar kerapatan briket bioarang maka semakin lambat laju pembakaran yang terjadi. Namun, semakin besar kerapatan briket bioarang menyebabkan semakin tinggi pula nilai kalornya.

Adapun persamaan untuk menghitung laju pembakaran briket yaitu :

$$\text{Laju pembakaran briket (g/detik)} = \frac{\text{berat briket (g)}}{\text{Waktu sampai briket habis (detik)}}$$

## **B. Kajian Penelitian yang Relevan**

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya digunakan sebagai landasan pada penelitian yang akan dilakukan. Penelitian mengenai briket dengan bahan

baku sabut kelapa dan sekam padi tanpa menggunakan perekat telah diteliti oleh Islam (2014) dengan judul “*Development of Briquette from Coir Dust and Rice Husk Blend: An Alternative Energy Source*”.

During this study, a briquetting experiment was conducted with different coir dust and rice husk blends (i.e. coir dust and rice husk ratio of 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 and 0:100). Coir dust-rice husk briquettes with mixing ratio of 20:80 had higher density (1.413 g/cm<sup>3</sup>), compressive strength (218.4 N/cm<sup>2</sup>), calorific value (4879 kcal/kg), water vaporizing capacity (0.853 l/kg) and low burning rate (0.783 kg/hour) followed by the mixing ratio 40:60, 50:50, 60:40 and 0:100.

Persamaan penelitian diatas dengan penelitian ini adalah mencari karakteristik briket untuk diujikan dengan menggunakan bahan baku organik. Perbedaannya terletak pada bahan yang digunakan hanya dua macam dan tanpa menggunakan perekat, sedangkan penelitian ini menggunakan tiga bahan baku dan diberikan perekat tepung tapioka.

Berikutnya penelitian yang relevan dari Syafrudin (2015) dengan judul “*The Utilization of Bottom Ash Coal for Briquette Products by Adding Teak Leaves Charcoal, Coconut Shell Charcoal, and Rice Husk Charcoal*”

The treatment was using comparison 100%:0% ; 80%:20% ; 60%:40% ; 50%:50% ; 40%:60% ; 20%:80% ; 0%:100%. The result that the best briquette was on the composition of 20% bottom ash : 80% coconut shell. The characteristic values from that composition were moisture content of 3.45%, ash content of 17,32%, calorific value of 7.945,72 Cal/gr, compressive strength of 2,18 kg/cm<sup>2</sup>, level of CO of 105 mg/m<sup>3</sup>, and heavy metals Cu of 29,83 µg/g and Zn 32,99 µg/g.

Penelitian diatas menggunakan bahan baku dari daun jati, tempurung kelapa, dan sekam padi. Persamaan dengan penelitian ini terletak dari bahan baku dan melakukan pengujian karakteristik untuk mengetahui komposisi yang tepat dari pencampuran bahan baku.

Penelitian mengenai karakteristik briket organik telah diteliti oleh Widarti (2012) dengan judul “Studi Eksperimental Karakteristik Briket Organik Dengan Bahan Baku Dari Pplh Seloliman”.

Hasil dari uji proximate yaitu kadar air terkecil pada briket D2R3 5.63% dan terbesar pada D1R4 10.99%, kadar abu terkecil pada briket D1R3 3.69% dan terbesar pada D3R1 13.9%, serta nilai kalor terbesar pada briket D2R3 4184,78 Kkal/kg dan terkecil D3R1 3351.55 Kkal/kg. Sedangkan untuk eksperimental diperoleh laju pembakaran terbesar D3R2 yaitu 0,000027 kg/s dan terkecil D2R3 yaitu 0.000006 kg/s. Sedangkan untuk komposisi terbaik yang memenuhi standar Indonesia dan Jepang adalah briket D2R3 dengan kadar air 5.63%, kadar abu 6.5%, dan nilai kalor 4184.78 Kkal/kg.

Persamaan penelitian diatas dengan penelitian ini adalah sama mencari karakteristik briket dari limbah organik. Perbedaannya terletak pada bahan baku limbah organik hanya dengan daun dan ranting pohon, sedangkan peneliti menambahkan sekam padi saat proses pembuatan briket.

Penelitian yang relevan mengenai penanganan sampah juga diteliti oleh Rafsanjani (2012) dengan judul “Studi Pemanfaatan Potensi Biomass Dari Sampah Organik Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Briket) Dalam Mendukung Program Eco-Campus Di ITS Surabaya”.

Hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan briket terbaik berdasarkan uji proximate dengan nilai kalor tertinggi terjadi pada briket jenis E1D4 dengan nilai kalor 4.348kal/gr. Sedangkan berdasarkan uji eksperimental briket terbaik terjadi pada briket jenis E3D2 dengan waktu nyala terlama 53menit dengan laju pembakaran rata-rata yang lebih minimum dari pada briket jenis lainnya yakni sebesar 0,04gram/menit.

Penelitian yang dilakukan oleh Rafsanjani ini membuat briket dengan limbah encek gondok yang berada disekitar ITS. Persamaan dengan penelitian ini adalah menguji karakteristik briket dengan mengkomposisikan bahan sehingga mendapatkan hasil yang maksimal.



Penelitian mengenai karakteristik briket juga telah dilakukan oleh Nufus (2011) dengan judul “Pengaruh Campuran Minyak Jelantah Terhadap Karakteristik Briket Arang Sampah Sebagai Bahan Bakar Alternatif”.

Selama 6 jam, briket dicelupkan ke dalam minyak jelantah dengan variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit, dijemur kembali selama 3 jam. Berdasarkan hasil uji tersebut ternyata briket yang memiliki kalori paling tinggi adalah briket batok kelapa yaitu 10789,5 Kcal/kg, titik nyala awalnya 9,06 menit dan ramah lingkungan karena abunya hanya 1,25% dan belerangnya 0,03.

Penelitian yang dilakukan oleh Nufus ini untuk menguji karakteristik briket dengan mencampurkan minyak jelantah. Sama untuk menguji karakteristik briket tetapi berbeda karena tidak menambahkan minyak jelantah dalam briket bioarang.

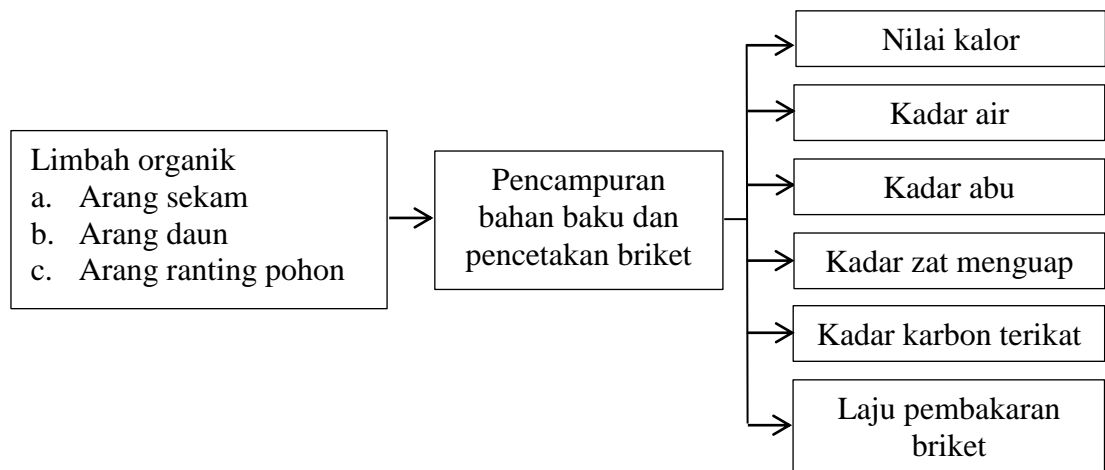
Penelitian berikutnya yang relevan dari Sriharti (2011) dengan judul “Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Karakterisasi Briket Limbah Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* Linn)”.

Nilai kalori memenuhi standar kualitas briket menurut SNI nomor 01-6235- 2000, sedangkan untuk kadar abu nilainya tidak memenuhi standar SNI. Komposisi bahan limbah jarak pagar dengan tempurung kelapa menunjukkan hasil yang terbaik dengan nilai laju pembakaran yang tertinggi yaitu 18,61 gram/menit dan konsumsi spesifik bahan bakar yang terendah 0,0997 gram bahan bakar/gram air, kemampuan pembakaran 161,961 watt dan efisiensi termal 74,27%.

Persamaan penelitian diatas dengan penelitian ini terletak pada pengujian karakteristik briket dan mencari komposisi yang tepat. Perbedaannya terletak pada bahan baku briket.

### C. Kerangka Berfikir

Berbagai bahan baku yang berasal dari limbah organik ini memiliki karakteristik dan kelebihanannya disetiap sifatnya. Limbah organik yang berupa sekam padi, daun, dan ranting pohon harus diarangkan terlebih dahulu untuk dapat dijadikan briket. Bahan perekat yang digunakan dari tepung tapioka. Pencampuran dari bahan baku arang sekam padi, arang daun, dan arang ranting pohon yang memiliki sifat baik ini akan berdampak dengan komposisi yang tepat dengan hasil sifat yang lebih baik. Pengujian yang dilakukan yaitu untuk mencari karakteristik yang terbaik dari komposisi campuran arang limbah organik.



Gambar 2.4 Kerangka berfikir

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali. Dari kajian penelitian yang sebelumnya, penelitiannya sama-sama melakukan pengurangan terhadap bahan baku limbah organik selanjutnya dibentuk sebuah briket dengan variasi campuran yang telah ditentukan dilanjutkan dengan pengujian laju pembakaran tetapi sebelum dijadikan briket sudah diuji terlebih dahulu dengan pengujian fisik dan kimia untuk menghimpun data sehingga mendapatkan data yang valid dan selanjutnya dibuat tabel yang hasilnya tersebut dianalisis untuk lebih mudah dalam memahami.

#### **B. Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah organik yang telah diarsangkan berupa arang daun, arang sekam dan arang ranting pohon menggunakan perekat tepung tapioka. Seluruh bahan baku limbah organik didapatkan di sekitar Universitas Negeri Semarang.

#### **C. Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bom kalorimeter
2. Furnace, tungku pembakaran untuk mengarangkan bahan baku dan menguji kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap
3. Stop watch, alat untuk menghitung waktu pengurangan berat spesimen
4. Alat Cetak, untuk menekan dan membentuk bahan biobriket menjadi bentuk silinder
5. Timbangan digital, untuk mengukur berat bahan biobriket dan penurunan berat saat pembakaran
6. Termometer, untuk mengukur suhu pembakaran

#### D. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi serbuk briket dari limbah organik dengan perbandingan setiap 100 g dengan dasar penelitian Santosa (2012) sebagai berikut :

Tabel 3.1 Perbandingan Komposisi Serbuk Limbah Organik

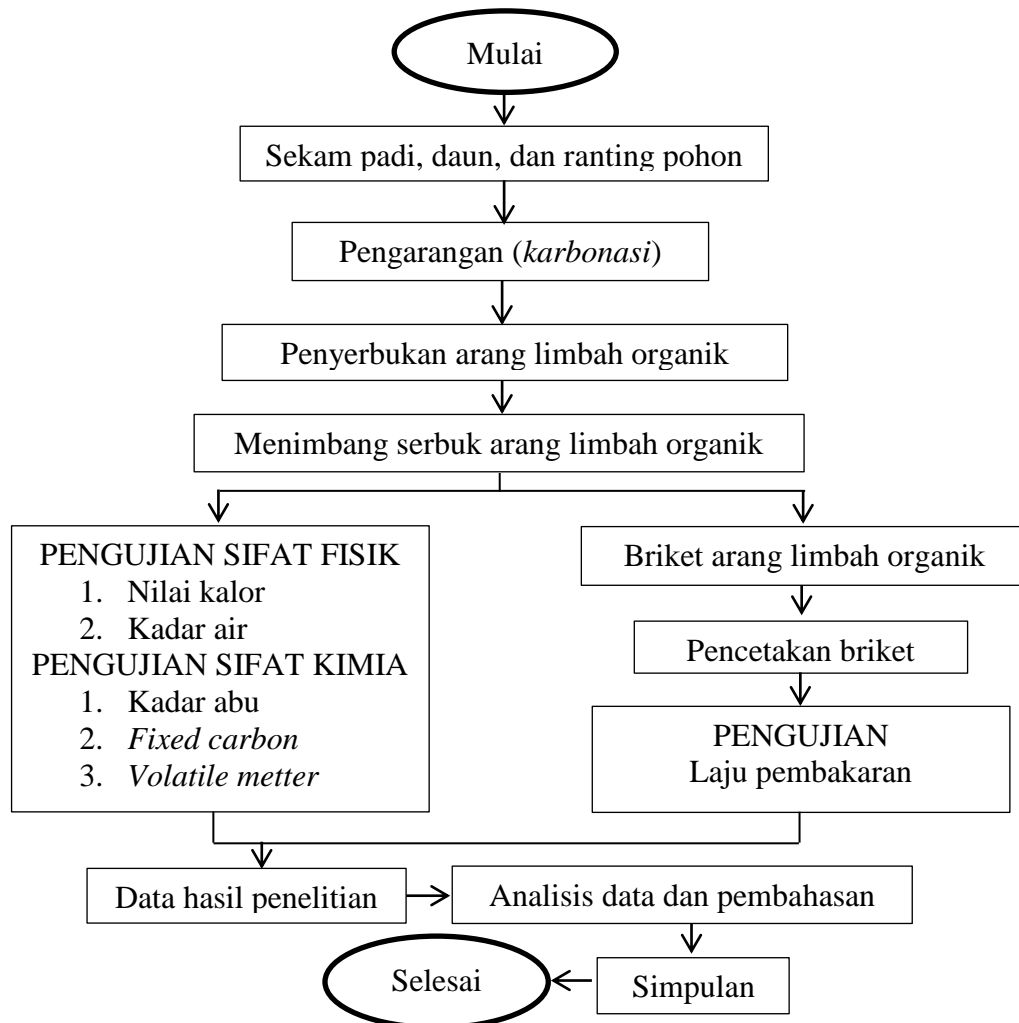
Spesimen	Perbandingan	Limbah Organik			Perekat
		Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	
BO 1	1 : 1 : 1	33 g	33 g	33 g	7 %
BO 2	1 : 1 : 2	25 g	25 g	50 g	
BO 3	1 : 2 : 1	25 g	50 g	25 g	
BO 4	2 : 1 : 1	50 g	25 g	25 g	
BO 5	2 : 2 : 1	40 g	40 g	20 g	
BO 6	2 : 1 : 2	40 g	20 g	40 g	
BO 7	1 : 2 : 2	20 g	40 g	40 g	

2. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat menguap (*volatile matter*), kadar karbon terikat (*fixed carbon*), dan laju pembakaran briket.

3. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah daun rambutan, ranting pohon rambutan, suhu pengarangan  $400^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam, serbuk briket disaring menggunakan mesh 60, pencampuran dengan perekat sebesar 7%, briket dikompaksi sebesar  $150\text{ kg/cm}^2$ , dan pengeringan briket dibawah sinar matahari selama 2 hari.

## E. Prosedur Penelitian

### 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir pelaksanaan penelitian

## 2. Tempat Pelaksanaan dan Pengujian

Pelaksanaan proses pencetakan briket dilaksanakan di Lab. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang sedangkan tempat pengujian spesimen dilakukan di Lab. Ilmu Nutrisi dan Pakan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Dipenogoro.

## 3. Proses Penelitian

### a. Tahap Awal Penelitian

Sebelum melaksanakan proses pembuatan briket terlebih dahulu harus mempersiapkan bahan baku seperti sekam padi, daun, serabut kelapa, ranting pohon dan peralatan yang lainnya untuk menunjang proses ini. Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk membuat briket yang dijabarkan sebagai berikut :

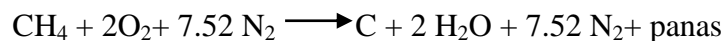
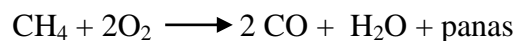
#### 1) Proses Karbonisasi (Pengarangan) Metode Pirolisis



Gambar 3.2 Furnace

Bahan baku dari limbah organik diarangkan terlebih dahulu dengan menggunakan *furnace* atau mesin pemanas. Masukkan bahan baku ke dalam reaktor untuk menghindari adanya oksigen masuk dalam

untuk menghandari bahan bakar terbakar dan menjadi abu pada saat pengarangan. Tutup rapat pastikan termocontrol untuk pengamatan temperatur berfungsi sebagaimana mestinya. Menurut Jamilatun (2008) menyatakan bahwa “selama proses pengarangan kayu akan keluar dalam bentuk gas seperti: CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>”. Proses pengarangan kayu akan terjadi pada pembakaran tidak sempurna yang terbakarnya metana dengan kekurangan oksigen atau sama sekali tidak ada oksigen sehingga saat pembakaran tidak sempurna menghasilkan karbon monoksida, air, dan panas dengan reaksi kimia sebagai berikut :



Gambar 3.3 Thermocontrol furnace

Lakukan pengamatan terhadap kerja dari tungku pengarangan dengan mengamati kenaikan temperatur. Temperatur tungku selama proses sekitar 400°C apabila temperatur telah mencapai 400°C dan terlihat pada ujung pendingin tidak adanya tar (cairan berwarna coklat) yang keluar. Setelah 2 jam pengarangan matikan aliran listrik thermocontrol, dan tungku pengarangan dibiarkan sampai dingin. Setelah itu bisa dibuka dan dikeluarkan untuk dilakukan penggilingan dengan ukuran 60 mesh.

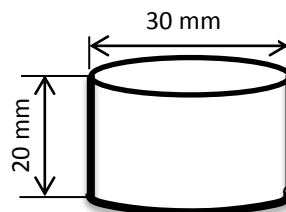
## 2) Proses Pembuatan Briket Bioarang

Perekat yang digunakan tepung kanji sesuai dengan penelitian sebelumnya dikarenakan hasilnya yang baik. Perbandingan konsentrasi perekat dengan air adalah 1 : 12, dengan setiap 100 gram tepung kanji dengan 1200 ml air. Melarutkan tepung kanji dengan air yang sudah mendidih darimassa campuran arang yang digunakan. Perekat ini dipersiapkan untuk dicampurkan dengan serbuk arang hasil pengarangan.



Gambar 3.4 Mesin penggiling arang

Haluskan terlebih bahan baku arang sekam, arang daun, arang serabut kelapa, dan arang ranting kayu dengan cara digiling sehingga menjadi seperti serbuk menggunakan mesin penggiling sesuai gambar 3.4. Saring bahan baku menggunakan penyaring supaya menjadi ukuran yang homogen. Selanjutnya mencampur setiap sampel dengan perekat.



Gambar 3.5 Ukuran spesimen

Cetak ke dalam alat cetak dengan ukuran : diameter (D) = 30 mm, tinggi (t) = 20 mm dengan menggunakan kompaksi dan diberi



tekanan  $150 \text{ kg/cm}^2$  menggunakan mesin pencetak briket sesuai gambar 3.6. Keluarkan sampel dari cetakan dengan perlahan supaya tidak rusak. Briket yang sudah jadi kemudian dikeringkan selama 2 hari dengan menggunakan panas matahari.



Gambar 3.6 Alat pencetak briket

b. Pengujian Briket

1) Langkah pengujian nilai kalor



Gambar 3.7 Alat pengujian nilai kalor

- a) Timbang sampel dengan cawan dengan teliti sebanyak 1 gram, kemudian tempatkan pada tempat cawan.

- b) Potong kawat niklin 10 cm, pasang pada katup positif dan negatif pada cawan dan hingga menyentuh kawat niklin pada sampel.
- c) Masukkan perlahan-lahan dalam reaktor dan tutup dengan rapat dan benar (jangan sampai kawat niklin lepas dari sampel).
- d) Isi reaktor dengan gas oksigen dengan tekanan 25 atm kemudian tutup kran pembuka gas dengan benar (jangan sampai gas bocor, jika terjadi kebocoran ulangi pengisian gas).
- e) Isi tabung/bejana pemanas dengan air sebanyak 2000 ml dengan tepat, masukkan reaktor kedalam bejana pemanas selanjutnya hubungkan reaktor dengan katup positif dan negatif pada arus.
- f) Tutup dengan benar alatnya, pasang termometer khusus *bomb calorimeter* dengan benar dan hidupkan pengaduk sehingga suhu dalam bejana pemanas akan konstan dan homogen (diaduk selama 5 menit).
- g) Tekan tombol pembakar tunggu hingga 7 menit dan catat suhu akhirnya sebelum membongkar alat.
- h) Saat proses ini akan terjadi pembakaran dari arang, ketika hidrokarbon bercampur dengan oksigen maka reaksi akan menghasilkan karbon dioksida, air, dan panas yang menyebabkan suhu dari air bom kalorimeter dapat meningkat dengan reaksi kimia sebagai berikut .  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{panas}$
- i) Matikan alat, lepas thermometer khusus *bomb calorimeter* dan keluarkan reaktornya selanjutnya buka kran oksigen sampai

oksigen keluar, kemudian buka reaktor dan bersihkan.

- j) Lakukan kalibrasi pembakaran alat dengan menggunakan asam benzoat sebagai standar, sehingga diperoleh nilai kalor dengan rumus peroleh data :

$$\text{HHV} = \frac{(\Delta t \times \text{EEV}) - (e_1 - e_2)}{m}$$

Dimana :

HHV = Highest Heating Value (kal/gram)

$\Delta t$  = kenaikan suhu pembakaran di dalam bom kalorimeter( $^{\circ}\text{C}$ )

EEV = ketetapan standar benzoat 2465,57 (kal/ $^{\circ}\text{C}$ )

$e_1$  = panjang (cm) kawat yang terbakar x 2,3 kal

$e_2$  = mL titrasi sodium carbonat x 1 kal

$m$  = massa sampel (gr)

- 2) Langkah pengujian kadar air



Gambar 3.8 Timbangan digital

- a) Tempatkan benda uji kedalam cawan, lalu timbang berat sampel

sebesar 1 gram.

- b) Catat berat sampel dengan dan berat cawan sebagai massa awal.
- c) Keringkan dengan menggunakan oven atau dengan menggunakan kompor pada suhu  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 2 jam.
- d) Benda uji didinginkan dalam desikator.
- e) Lakukan penimbangan dan pengeringan secara berulang sehingga mencapai berat yang tetap (konstan).
- f) Setelah dingin lalu timbang dan catat beratnya.

Rumus peroleh data :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

Dimana

$M_1$  = bobot cawan kosong + bobot sampel sebelum pemanasan (gram)

$M_2$  = bobot cawan kosong + bobot sampel setelah pemanasan (gram)

### 3) Langkah pengujian kadar abu

- a) Timbang 1 gram spesimen kedalam cawan, catat berat cawan beserta sampel dan kemudian masukkan dalam *furnace*
- b) Panaskan sampel dari suhu lingkungan, kemudian dinaikkan pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  sampai  $500^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, kemudian dari suhu  $500^{\circ}\text{C}$  sampai  $600^{\circ}\text{C}$  selama suhu 60 menit.
- c) Pastikan cawan kedalam tungku bersuhu  $600^{\circ}\text{C}$ , dinginkan di desikator(pengering) kemudian timbang.
- d) Angkat cawan dari dalam furnace, letakkan dalam lempengan logam kemudian tutup.

- e) Dinginkan selama 10 menit selanjutnya masukan dalam desikator.
- f) Catat berat (cawan + spesimen) – berat cawan sebagai berat spesimen yang telah dikeringkan menjadi C.
- g) Letakkan cawan beserta isinya ke desikator, buka tutupnya, dinginkandan timbang dengan akurat.

Besar kadar abu dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar abu (Ash) \%} = \frac{F}{C} \times 100\%$$

Dimana :

B = berat cawan dan tutup (gr)

A = berat cawan dan tutup dan sampel (gr)

D = berat cawan dan tutup dan residu (gr)

C = berat sampel = (A-B)

F = berat residu = (D-E)

4) Langkah pengujian kadar zat menguap (*volatile matter*)



Gambar 3.9 Cawan ditutup aluminium foil

- a) Letakkan 1 gram spesimen kedalam cawan dengan tutup kemudian ditutup dengan aluminium foil untuk menghindari

oksigen masuk yang mengakibatkan spesimen terbakar.

- b) Setelah itu hidupkan furnace atur suhu pada 650°C.
- c) Cawan dan isinya dibiarkan dingin dalam furnace selama 7 menit
- d) Setelah dingin ambil sampel dan masukkan kedalam desikator.
- e) Timbang sampel, besarnya zat mudah menguap (volatile matter)

Besar *Volatille Matter* dihitung dengan rumus :

$$\text{Volatille Matter}(\%) = \left[ \frac{A-D}{C} \right] \times 100 \% - F (\%)$$

Dimana :

A = berat sampel dan cawan (g)

B = berat cawan (g)

C = A-B

D = berat cawan dan residu (g)

F = *moisture* dalam analisis sampel (%)

##### 5) Langkah pengujian kadar karbon terikat (*fixed carbon*)

Fixed carbon dihitung dari 100 % dikurangi dengan kadar air lembab (*moisture*) dikurangi kadar abu, dikurangi kadar zat terbang (*volatile matters*) (Patabang, 2012 : 290) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{FC} (\%) = 100 \% - (\text{moisture} + \text{kadar abu} + \text{volatile matters})\%$$

##### 6) Langkah pengujian laju pembakaran briket.

Perhitungan laju pembakaran dengan membagi sampel dengan waktu yang dibutuhkan dari penembakan dalam bom kalorimeter. Prosedur yang harus dilakukan pada tahap akhir adalah

sebagai berikut:

- a) Timbang spesimen briket dan catat berat awalnya
- b) Spesimen bakar sampai menjadi abu
- c) Catat waktu pembakaran hingga mencapai abu dikeluruhan
- d) Timbang kembali spesimen yang telah menjadi abu
- e) Meringkas semua hasil penelitian

$$\text{Laju pembakaran briket (g/detik)} = \frac{\text{berat briket (g)}}{\text{Waktu sampai briket habis (detik)}}$$

## F. Teknik Pengumpulan Data

### 1. Uji Laboratorium

Data hasil pengujian briket yang dilakukan di Lab Universitas Negeri Semarang dan Lab. Ilmu Nutrisi dan Pakan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Data yang diperoleh dari hasil pengujian selanjutnya dimasukkan dalam tabel dan kemudian disimpulkan.

Tabel 3.2 Data Instrumen Pengujian Nilai Kalor Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Nilai Kalor
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	

Tabel 3.3 Data Instrumen Pengujian Kadar Air Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Pengujian	Kadar Air (%)	Rata-rata (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	I		
					II		
					III		
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	I		
					II		
					III		
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	I		
					II		
					III		
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	I		
					II		
					III		
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	I		
					II		
					III		
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	I		
					II		
					III		
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	I		
					II		
					III		

Tabel 3.4 Data Instrumen Pengujian Kadar Abu Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Pengujian	Kadar Abu (%)	Rata-rata (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	I		
					II		
					III		
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	I		
					II		
					III		
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	I		
					II		
					III		



4	BO 4	50 g	25 g	25 g	I
					II
					III
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	I
					II
					III
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	I
					II
					III
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	I
					II
					III

Tabel 3.5 Data Instrumen Pengujian Kadar Zat Menguap Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Pengujian	Kadar Volatile Matter (%)	Rata-rata (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	I		
					II		
					III		
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	I		
					II		
					III		
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	I		
					II		
					III		
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	I		
					II		
					III		
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	I		
					II		
					III		
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	I		
					II		
					III		
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	I		
					II		
					III		

Tabel 3.6 Data InstrumenPenguujian Kadar Karbon Terikat

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Penguujian	Kadar Karbon (%)	Rata-rata (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	I		
					II		
					III		
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	I		
					II		
					III		
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	I		
					II		
					III		
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	I		
					II		
					III		
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	I		
					II		
					III		
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	I		
					II		
					III		
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	I		
					II		
					III		

Tabel 3.7 Data InstrumenPenguujian Laju Pembakaran Briket

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Penguujian	Laju Pembakaran (g/detik)	Rata-rata (g/detik)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	I		
					II		
					III		
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	I		
					II		
					III		
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	I		
					II		
					III		

4	BO 4	50 g	25 g	25 g	I
					II
					III
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	I
					II
					III
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	I
					II
					III
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	I
					II
					III

## 2. Dokumentasi

Dokumentasi adalah sebuah cara yang dilakukan untuk menyediakan dokumen-dokumen dengan menggunakan bukti yang akurat dari pencatatan sumber-sumber informasi khusus dari karangan/ tulisan, wasiat, buku, undang-undang, dan sebagainya. Peneliti mencatat hal-hal yang penting setiap tahap penelitian dan dokumentasi dalam bukti gambar untuk membuktikan objek yang diteliti nyata.

## G. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah cara yang digunakan untuk mengolah data dari hasil pengumpulan data. Teknik analisis data dari hasil penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, yaitu dengan menggambarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan tabel yang menggambarkan variasi komposisi arang sekam, arang daun, dan arang ranting pohon.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Pengujian Nilai Kalor

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Nilai Kalor Bahan Baku Limbah Organik

No	Bahan Limbah Organik	Nilai Kalor (kal/g)
1	Arang Sekam	3326,01
2	Arang Daun	5540,23
3	Arang Ranting Pohon	5446,43

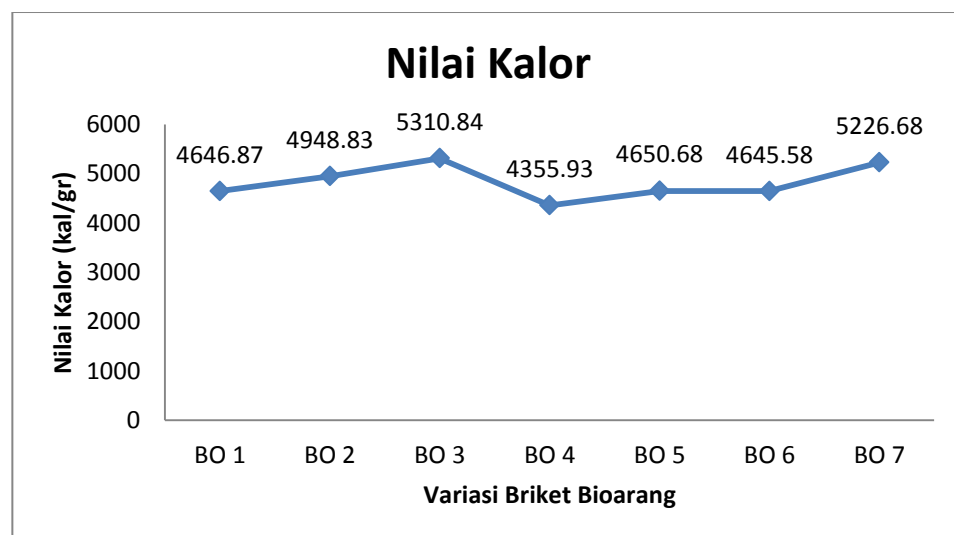
Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan dan diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) untuk menentukan kualitas arang terutama dalam penggunaannya. Hasil pengujian dari setiap bahan baku limbah organik menunjukkan terdapat perbedaan hasil nilai kalor, dikarenakan setiap bahan baku memiliki karakteristik yang berbeda. Saat melakukan pengujian terhadap arang sekam terdapat sisa bahan pada cawan yang disebabkan karena kadar pasir silika yang dimiliki oleh sekam cukup tinggi.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Nilai Kalor (kal/g)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	4646,87
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	4948,83
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	5310,84
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	4355,93
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	4650,68
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	4645,58
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	5226,68

Hasil penelitian seperti tercantum dalam tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai kalor terendah diperoleh oleh spesimen BO 4 dengan nilai kalor sebesar 4355,93 kal/g. Nilai kalor tertinggi dicapai oleh spesimen BO 3 dengan nilai kalor 5310,84 kal/g.

Hasil analisis pada tabel 4.2 memperlihatkan bahwa spesimen BO 3 dengan komposisi sekam, daun, dan ranting kayu perbandingan 1 : 2 : 1 menunjukkan bahwa arang daun yang lebih tinggi nilai kalornya berpengaruh terhadap komposisi ini. Spesimen BO 7 sangat mendekati hasil dari nilai kalor BO 3 dikarenakan nilai kalor arang ranting pohon sebesar 5446,43 kal/g yang mendekati nilai kalor arang daun sebesar 5540,23 kal/g yang berpengaruh saat bahan baku dicampur menjadi briket.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai kalor briket bioarang

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan komposisi daun yang lebih banyak dibanding dengan sekam dan ranting akan menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi. Bila dibandingkan dengan SNI disyaratkan nilai

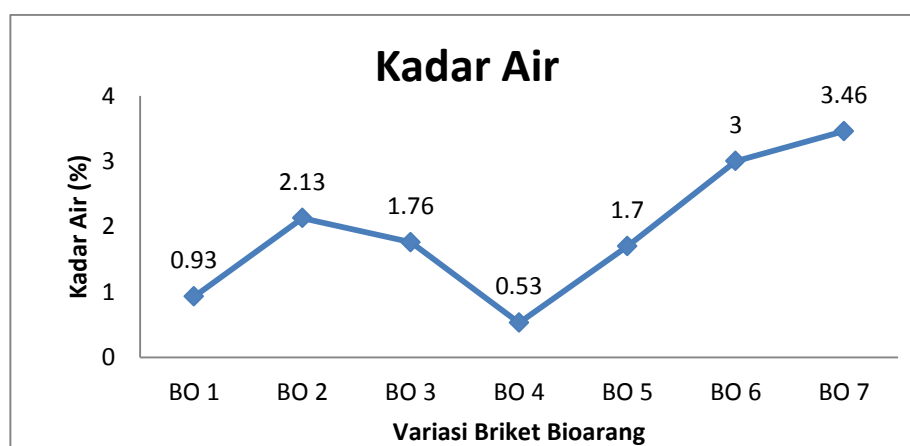
kalor dari briket minimal 5000 kal/g dan spesimen BO3 telah memenuhi standar yang telah ditentukan.

## 2. Pengujian Kadar Air

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Kadar Air (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	0,93
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	2,13
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	1,76
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	0,53
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	1,7
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	3
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	3,46

Tingginya kadar air sangat berpengaruh dalam penyalaan, berasap dan panas yang berkurang. Hasil analisis dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa kadar air terendah dimiliki oleh spesimen BO 4 sebesar 0,53% sedangkan untuk kadar air tertinggi dimiliki oleh spesimen BO 7 sebesar 3,46%.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan kadar air briket bioarang

Hasil kadar air yang tidak lebih dari 5% sesuai standar SNI dari setiap

spesimen dikarenakan saat pengarangan dibuat merata dengan suhu 400°C selama 2 jam. Hal ini tidak berpengaruh merata terhadap hasil kadar air dikarenakan setiap bahan baku sekam, daun dan ranting pohon memiliki karakteristik yang berbeda.

Sehingga dapat disimpulkan komposisi dengan ranting lebih banyak akan berakibat kadar air yang meningkat sedangkan komposisi dengan sekam yang lebih banyak akan menyebabkan kadar air lebih rendah. Hal ini juga berpengaruh terhadap nilai kalor yang dibuktikan spesimen BO 3 sebesar 5310,84 kal/g dengan kadar air 1,76% sedangkan spesimen BO 7 memiliki nilai kalor sebesar 5226,68 kal/g dengan kadar air 3,46 %. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air mempengaruhi nilai kalor yang dimiliki briket bioarang.

### 3. Pengujian Kadar Abu

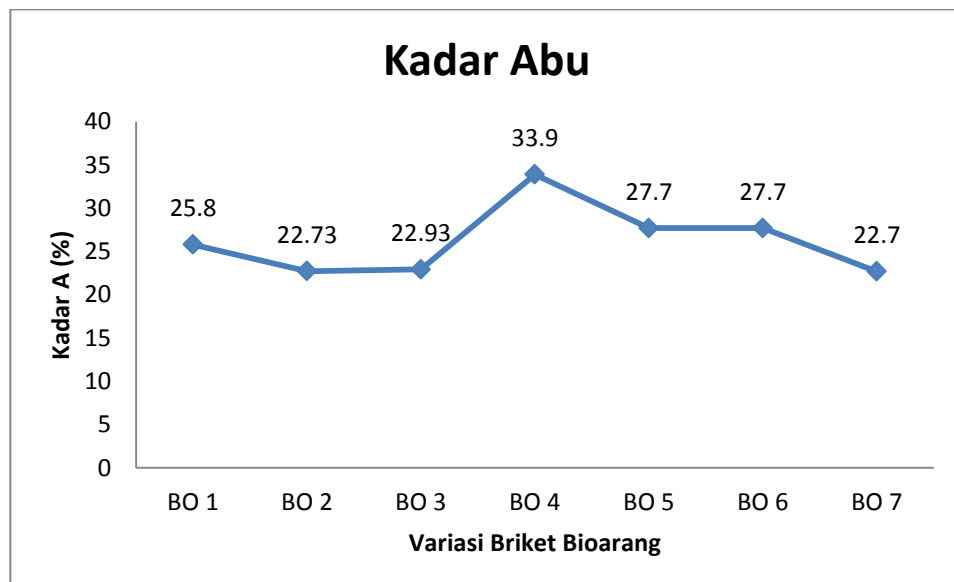
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Abu Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Kadar Abu (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	25,8
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	22,73
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	22,93
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	33,9
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	27,7
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	27,7
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	22,76

Pengujian kadar abu untuk mengetahui bagian briket yang tidak terbakar dan tidak memiliki unsur karbon didalamnya. Hasil analisis dari tabel

4.4 menunjukkan kadar abu terendah dimiliki spesimen BO 2 dan BO 7 sebesar 22,7% sedangkan kadar abu tertinggi dimiliki spesimen BO 4 sebesar 33,9%.

Hasil kadar abu tidak standar dengan SNI yang seharusnya tidak lebih dari 8% dikarenakan setiap bahan baku memiliki kadar silika yang cukup tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sriharti (2011) mengenai “tingginya kadar abu dalam briket disebabkan oleh tingginya kadar silika yang terkandung dalam sekam”.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan kadar abu briket bioarang

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar abu berpengaruh dengan nilai kalor dibuktikan spesimen BO 4 yang memiliki kadar abu tertinggi sebesar 33,9% dengan nilai kalor 4355,93 kal/g, sedangkan spesimen BO 3 memiliki kadar abu sebesar 22,9% dengan nilai kalor 5310,83 kal/g.

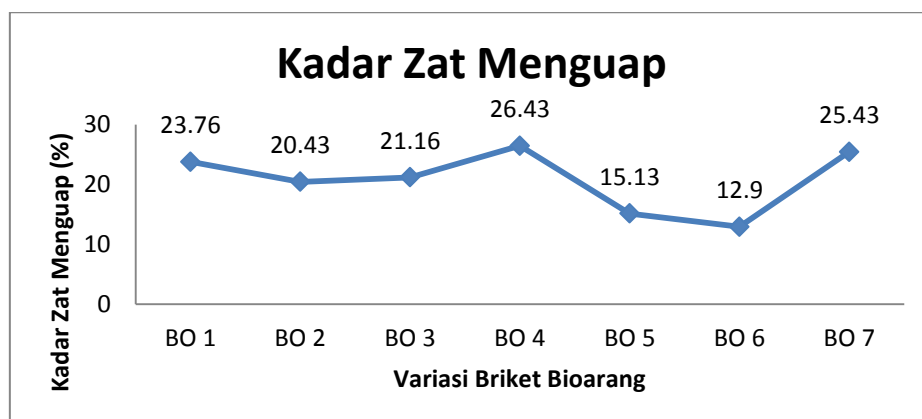


#### 4. Pengujian Kadar Zat Menguap (Volatile Matter)

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Zat Menguap Briket Bioarang

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Kadar Zat Menguap (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	23,76
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	20,43
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	21,16
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	26,43
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	15,13
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	12,9
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	25,43

Kandungan zat menguap yang tinggi berakibat pada asap dari proses pembakaran briket. Hasil analisis dari tabel 4.5 menunjukkan kadar zat menguap terendah dimiliki spesimen BO 6 sebesar 12,9 % sedangkan kadar zat menguap tertinggi dimiliki spesimen BO 7 sebesar 26,43 %.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan kadar zat menguap briket bioarang

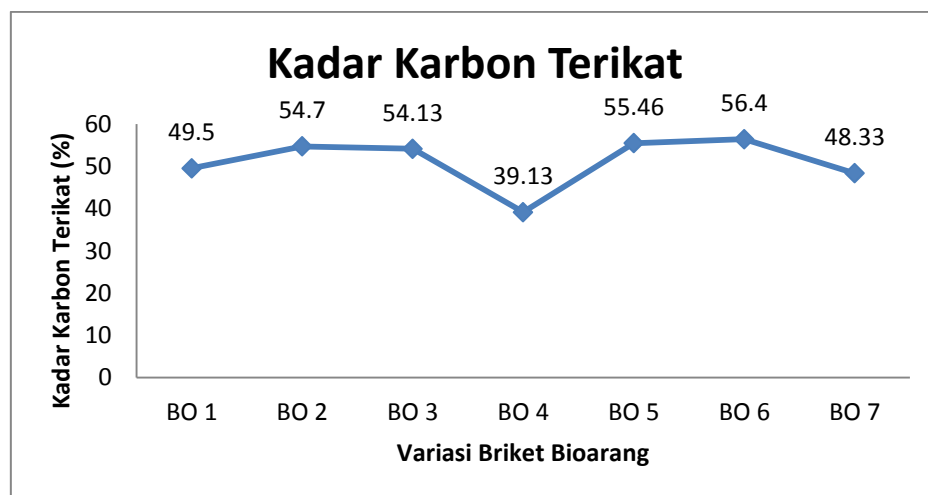
Hasil pengujian kadar zat menguap tidak tinggi disebabkan saat pengarangan menggunakan suhu 400°C selama 2 jam. “Semakin besar suhu dan waktu pengarangan maka semakin banyak zat menguap yang terbuang sehingga pada saat pengujian kadar zat menguap akan diperoleh kadar zat menguap yang rendah”(Maryono, 2013 : 81).

## 5. Pengujian Kadar Karbon Terikat

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Kadar Karbon (%)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	49,5
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	54,7
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	54,13
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	39,13
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	55,46
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	56,4
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	48,33

Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) adalah karbon yang terikat selain fraksi air, abu, dan kadar zat menguap. Nilai karbon terikat ini diperoleh dari 100% berat sampel dikurangi dengan jumlah kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan kadar karbon terikat briket bioarang

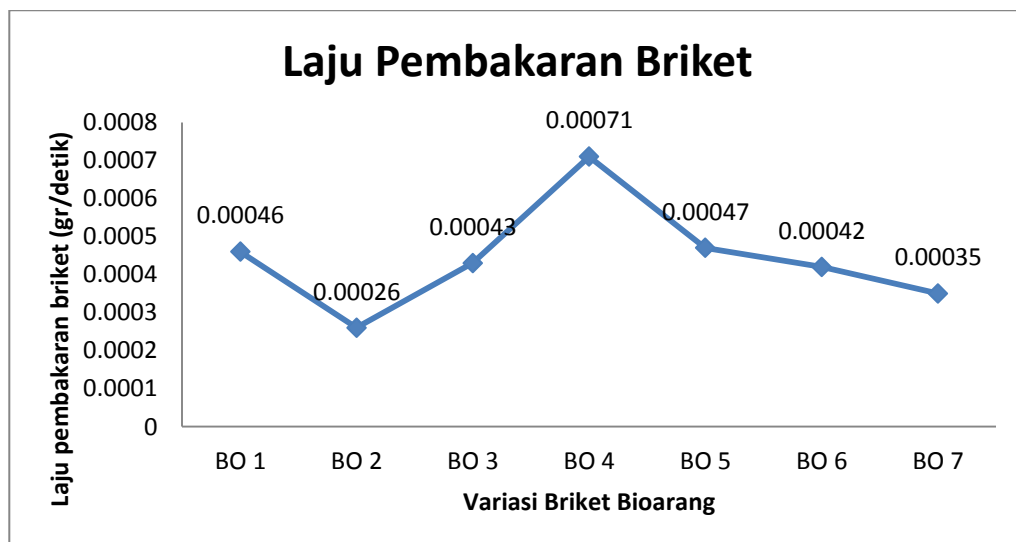
Hasil analisis dari gambar 4.5 menunjukkan kadar karbon terikat dimiliki spesimen BO 5 sebesar 37,7 % sedangkan yang terendah dimiliki BO 7 sebesar 22,7 %.

## 6. Pengujian Laju Pembakaran Briket

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Laju Pembakaran Briket

No	Spesimen	Arang Sekam	Arang Daun	Arang Ranting Pohon	Laju Pembakaran (g/detik)
1	BO 1	33 g	33 g	33 g	0,00046
2	BO 2	25 g	25 g	50 g	0,00026
3	BO 3	25 g	50 g	25 g	0,000434
4	BO 4	50 g	25 g	25 g	0,00071
5	BO 5	40 g	40 g	20 g	0,00047
6	BO 6	40 g	20 g	40 g	0,00042
7	BO 7	20 g	40 g	40 g	0,00035

Pengujian laju pembakaran ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dari bahan bakar briket bioarang. Hasil analisis dari gambar 4.7 menunjukkan laju pembakaran tertinggi terdapat pada spesimen BO 4 sebesar 0,00071 gr/detik dan yang terendah pada spesimen BO 2 sebesar 0,00026 gr/detik.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan laju pembakaran briket bioarang

Faktor yang mempengaruhi ini adalah komposisi ranting yang lebih banyak pada spesimen BO 4 akan meningkatkan laju pembakaran

sedangkan sebaliknya komposisi sekam yang lebih banyak pada spesimen BO 2 menyebabkan laju pembakaran semakin rendah. Hal yang lain menyebabkan laju pembakaran lebih rendah diakibat juga pada pemadatan briket dengan kompaksi sebesar  $150 \text{ kg/cm}^2$ .

## **B. Pembahasan**

Perlakuan komposisi limbah arang sekam, arang daun, dan arang ranting pohon berpengaruh terhadap karakteristik briket bioarang. Pada penelitian ini nilai kalor yang tertinggi didapat BO 3 dengan perbandingan arang sekam 25 gr, arang daun 50 gr, dan arang ranting pohon 25 gr sebesar 5310,84 kal/g dengan kadar air 1,76 %, kadar abu 22,93 %, kadar zat menguap 21,16 %, kadar karbon terikat 54,13 %, dan laju pembakaran 0,00043 gr/detik. Hal ini disebabkan setiap bahan baku memiliki nilai kalor yang berbeda, saat karbonisasi juga berpengaruh karena suhu dan lama waktu yang dipergunakan sesuai dengan penelitian Junari (2015) yang menyatakan “nilai kalor berbanding lurus dengan kadar karbon terikat, semakin besar kadar karbon terikat maka nilai kalor akan semakin tinggi dan sebaliknya”.

Pengujian kadar air yang dilakukan dengan melakukan pemanasan sampel yang diletakkan dicawan dan dimasukkan *furnace* diberi panas  $105^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Dari hasil pengujian yang dilakukan dari keseluruhan sampel tidak lebih dari 5 % dikarenakan proses dari karbonasi menyebabkan kadar air menguap, sehingga saat melakukan pengujian mendapatkan kadar air yang tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Siahaan (2011) yang

menyatakan “semakin lama proses karbonisasi maka semakin kecil kadar airnya”. Sejalan dengan penelitian Junary (2015) “semakin lama waktu karbonisasi dan semakin tinggi suhu maka kadar air dan kadar zat volatil akan semakin berkurang”. Karbonasi juga berpengaruh dari hasil pengujian kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat.

Laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektifitas suatu bahan bakar. Sampel yang berbentuk briket diuji dengan dibakar dimulai sampai menjadi abu. Saat pengujian tidak sampai terjadi nyala api dikarenakan saat pembuatan briket dikompaksi sebesar  $150 \text{ kg/cm}^2$  dan juga saat penyalaan tidak diberikan aliran udara. Untuk laju pembakaran tertinggi dimiliki oleh BO 4 dengan perbandingan arang sekam 50 gr, arang daun 25 gr, dan arang ranting pohon 25 gram sebesar  $0,00071 \text{ g/detik}$ . Sejalan dengan penelitian Syamsiro dalam Siti (2008) “Semakin besar kerapatan briket bioarang maka semakin lambat laju pembakaran yang terjadi”.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengkomposisikan limbah organik berupa sekam, daun, dan ranting pohon maka dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh variasi komposisi pada 7 spesimen briket bioarang yang berupa hasil dari pengujian nilai kalor, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan laju pembakaran yang berbeda. Hal ini disebabkan karena arang daun, arang sekam, dan arang ranting pohon memiliki karakteristik yang berbeda.
2. Pada komposisi bahan baku dengan perbandingan arang sekam 25 gr, arang daun 50 gr, dan arang ranting pohon 25 gr menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 5310,84 kal/gr.

#### **B. Saran**

Beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Pada saat pembuatan bahan baku arang harus diperhatikan suhu dan lama pembakaran karena sangat berpengaruh terhadap karakteristik briket bioarang.
2. Pembuatan briket dengan bahan baku limbah organik sebaiknya dengan komposisi perbandingan arang sekam 25 gr, arang daun 50 gr,

dan arang ranting pohon 25 gr untuk menghasilkan nilai kalor yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gandhi, A. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung. *Profesional*, Vol. 8, No. 1, Mei 2010, ISSN 1693-3745.
- Hambali, E. et al. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Hartanto, F.P. dan Alim, F. Optimasi Kondisi Operasi Pirolisis Sekam Padi Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*.
- Hendra, D. 2007. Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif. *UDC (USDC)*
- Isa, Ishak. Lukum, H. dan Arif, I.H. 2012. Briket Arang Dan Arang Aktif dari Limbah Tongkol Jagung. *Pengembangan Program Studi Dana PNBPN Tahun Anggaran 2012*.
- Islam. Hamidul. Hossain, M. dan Momin, A. 2014. Development of Briquette from Coir Dust and Rice Husk Blend: An Alternative Energy Source. *Journal of Renewable Energy Development 3*.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 2, No. 2*.
- Junary, E. Pane, J.P. Netti Herlina. 2015. Pengaruh Suhu Dan Waktu Karbonisasi Terhadap Nilai Kalor Dan Karakteristik Pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepeh Aren (Arenca Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 2*.
- Maryono. Sudding dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica Vol. 14 Nomor 1*.
- Nufus, T.H. Budimulyani, E. dan Rebet, I. 2011. Pengaruh Campuran Minyak Jelantah Terhadap Karakteristik Briket Arang Sampah Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 01, No. 03*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Patabang, D. 2012. Karakteristik Termal Briket Arang Sekam Padi dengan Variasi Bahan Perekat. *Jurnal Mekanikal, Vol.3 No. 2*.
- Rafsanjan, et al. 2012. Studi Pemanfaatan Potensi Biomass Dari Sampah Organik Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Briket) Dalam Mendukung Program Eco-



Campus di ITS Surabaya. *Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1.*

- Siahaan, S. Hutapea, M. dan Hasibuan, R. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 1.*
- Sriharti dan Salim, T. 2011. Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Karakterisasi Briket Limbah Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas Linn*). *Jurnal Teknologi Indonesia, Volume 34.*
- Sulisyanto, A. 2007. Pengaruh Variasi Bahan Perekat Terhadap Laju Pembakaran Biobriket Campuran Batubara Dan Sabut Kelapa. *Jurnal Media Mesin, Vol. 8.*
- Syafrudin. et al. 2015. The Utilization of Bottom Ash Coal for Briquette Products by Adding Teak Leaves Charcoal, Coconut Shell Charcoal, and Rice Husk Charcoal. *Waste Technology, Vol. 3.*
- Widarti, E.S. Sarwono, dan Hantoro, R. Studi Eksperimental Karakteristik Briket Organik Dengan Bahan Baku dari Pplh Seloliman. Jurusan Teknik Fisika FTI ITS Surabaya.
- Widarto, L. dan Suryanta. 1995. *Membuat Arang dari Kotoran Lembu.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

## LAMPIRAN PERHITUNGAN

### 1. Nilai Kalor

Perhitungan nilai kalor menggunakan persamaan  $HHV = \frac{(\Delta t \times EEV) - (e_1 - e_2)}{m}$

Keterangan :

HHV = Highest Heating Value (kal/gram)

$\Delta t$  = kenaikan suhu pembakaran di dalam bom kalorimeter(°C)

EEV = ketetapan standar benzoat 2465,57 (kal/°C)

$e_1$  = panjang (cm) kawat yang terbakar x 2,3 kal

$e_2$  = mL titrasi sodium carbonat x 1 kal

m = massa sampel (gr)

No	Bahan Baku	Berat Sampel (g)	T1 (°C)	T2 (°C)	Titration (mL)	Kawat Terbakar (cm)	Nilai Kalor
1	Arang Sekam	1,0011	26,64	28	0,5	10	3326,01658
2	Arang Daun	1,0012	26,4	28,66	2,3	10	5540,23991
3	Arang Ranting Pohon	1,0003	26,68	28,9	2,5	10	5446,43147

No	Spesimen	Berat Sampel (gr)	T1 (°C)	T2 (°C)	Titration (mL)	Kawat Terbakar (cm)	Nilai Kalor (cal/g)
1	BO 1	1,0031	26,46	28,36	0,3	10	4646,87768
2	BO 2	1,0017	26,78	28,80	0,2	10	4948,83837
3	BO 3	1,0077	26,66	28,84	0,2	10	5310,84906
4	BO 4	1,0022	26,46	28,24	0,2	10	4355,93155
5	BO 5	1,0023	26,08	27,98	0,2	10	4650,68642
6	BO 6	1,0034	27,28	29,18	0,2	10	4645,588
7	BO 7	1,0050	24,70	26,84	0,5	10	5226,68637

## 2. Uji Kadar Air

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

Keterangan :

$M_1$  = bobot cawan kosong + bobot sampel sebelum pemanasan (gram)

$M_2$  = bobot cawan kosong + bobot sampel setelah pemanasan (gram)

No	Spesimen	Pengujian	Berat Cawan + Sampel (gr)	Berat Cawan Akhir (gr)	Kadar Air (%)	Rata-rata (%)
1	BO 1	I	28,772	28,754	1,8	0,9333333
		II	29,890	29,886	0,4	
		III	29,680	29,674	0,6	
2	BO 2	I	29,668	29,640	2,8	2,1333333
		II	28,778	28,767	1,1	
		III	31,945	31,920	2,5	
3	BO 3	I	29,883	29,867	1,6	1,7666667
		II	28,914	28,887	2,7	
		III	32,572	32,562	1	
4	BO 4	I	31,935	31,932	0,3	0,5333333
		II	29,882	29,874	0,8	
		III	28,906	28,901	0,5	
5	BO 5	I	32,577	32,556	2,1	1,7
		II	29,678	29,665	1,3	
		III	28,775	28,758	1,7	
6	BO 6	I	31,935	31,913	2,2	3
		II	29,882	29,85	3,2	
		III	28,906	28,870	3,6	
7	BO 7	I	28,922	28,887	3,5	3,4666667
		II	32,581	32,544	3,7	
		III	31,950	31,918	3,2	

### 3. Uji Kadar Abu

$$\text{Kadar abu (Ash) \%} = \frac{F}{C} \times 100\%$$

Keterangan :

B = berat cawan dan tutup (g)

D = berat cawan dan tutup dan residu (g)

A = berat cawan dan tutup dan sampel (g)

C = berat sampel = (A-B)

F = berat residu = (D-E)

No	Spesimen	Pengujian	Berat Cawan	Berat Cawan + Sampel (gr)	Berat Cawan Akhir (gr)	Kadar Abu (%)	Rata-rata (%)
1	BO 1	I	27,772	28,772	28,037	26,5	25,8
		II	28,890	29,890	29,135	24,5	
		III	28,680	29,680	28,944	26,4	
2	BO 2	I	28,668	29,668	28,900	23,2	22,733333
		II	27,778	28,778	28,005	22,7	
		III	30,945	31,945	31,168	22,3	
3	BO 3	I	28,883	29,883	29,118	23,5	22,933333
		II	27,914	28,914	28,135	22,1	
		III	31,572	32,572	31,804	23,2	
4	BO 4	I	30,935	31,935	31,292	35,7	33,9
		II	28,882	29,882	29,210	32,8	
		III	27,906	28,906	28,238	33,2	
5	BO 5	I	31,577	32,577	31,859	28,2	27,7
		II	28,678	29,678	28,957	27,9	
		III	27,775	28,775	28,045	27	
6	BO 6	I	30,935	31,935	31,216	28,1	27,7
		II	28,882	29,882	29,153	27,1	
		III	27,906	28,906	28,185	27,9	
7	BO 7	I	27,908	28,908	28,133	22,5	22,766667
		II	31,570	32,570	31,793	22,3	
		III	30,940	31,941	31,175	23,5	

#### 4. Volatile Matter

$$\text{Volatile Matter (\%)} = \left[ \frac{A-D}{C} \right] \times 100 \% - F (\%)$$

Keterangan :

A = berat sampel dan cawan (g)

D = berat cawan dan residu (g)

B = berat cawan (g)

F = *moisture* dalam analisis

C = A-B

sampel (%)

No	Spesimen	Pengujian	Berat Cawan + Sampel (gr)	Berat Cawan Setelah Pemanasan (gr)	Kehilangan Berat (%)	Kadar Air (%)	Kadar Volatile Matter (%)	Rata-rata (%)
		I	32,578	32,305	27,3	1,8	25,5	
1	BO 1	II	29,679	29,478	20,1	0,4	19,7	23,766667
		III	28,914	28,647	26,7	0,6	26,1	
		I	31,946	31,710	23,6	2,8	20,8	
2	BO 2	II	29,982	29,787	19,5	1,1	18,4	20,433333
		III	28,779	28,533	24,6	2,5	22,1	
		I	32,584	32,449	13,5	1,6	11,9	
3	BO 3	II	29,674	29,384	29	2,7	26,3	21,166667
		III	28,915	28,652	26,3	1	25,3	
		I	31,945	31,674	27,1	0,3	26,8	
4	BO 4	II	29,980	29,744	23,6	0,8	22,8	26,433333
		III	28,778	28,476	30,2	0,5	29,7	
		I	32,577	32,543	3,4	2,1	1,3	
5	BO 5	II	28,919	28,675	24,4	1,3	23,1	15,133333
		III	27,607	27,380	22,7	1,7	21	
		I	29,891	29,702	18,9	2,2	16,7	
6	BO 6	II	31,943	31,782	16,1	3,2	12,9	12,9
		III	28,780	28,653	12,7	3,6	9,1	
		I	32,653	32,388	26,5	3,5	23	
7	BO 7	II	28,909	28,572	33,7	3,7	30	25,433333
		III	31,936	31,671	26,5	3,2	23,3	

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

$$FC (\%) = 100 \% - (\text{moisture} + \text{kadar abu} + \text{volatile matters})\%$$

No	Spesimen	Pengujian	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	Kadar Karbon (%)	Rata-rata (%)
		I	1,8	26,5	25,5	46,2	
1	BO 1	II	0,4	24,5	19,7	55,4	49,5
		III	0,6	26,4	26,1	46,9	
		I	2,8	23,2	20,8	53,2	
2	BO 2	II	1,1	22,7	18,4	57,8	54,7
		III	2,5	22,3	22,1	53,1	
		I	1,6	23,5	11,9	63	
3	BO 3	II	2,7	22,1	26,3	48,9	54,13333333
		III	1	23,2	25,3	50,5	
		I	0,3	35,7	26,8	37,2	
4	BO 4	II	0,8	32,8	22,8	43,6	39,13333333
		III	0,5	33,2	29,7	36,6	
		I	2,1	28,2	1,3	68,4	
5	BO 5	II	1,3	27,9	23,1	47,7	55,46666667
		III	1,7	27	21	50,3	
		I	2,2	28,1	16,7	53	
6	BO 6	II	3,2	27,1	12,9	56,8	56,4
		III	3,6	27,9	9,1	59,4	
		I	3,5	22,5	23	51	
7	BO 7	II	3,7	22,3	30	44	48,33333333
		III	3,2	23,5	23,3	50	

## 6. Laju Pembakaran Briket

$$\text{Laju pembakaran briket (g/detik)} = \frac{\text{berat briket (g)}}{\text{Waktu sampai briket habis (detik)}}$$

No	Spesimen	Pengujian	Massa Sampel	Massa Awal Cawan (gr)	Massa Akhir Cawan (gr)	Waktu Pembakaran (detik)	Laju Pembakaran (g/detik)	Rata-rata (g/detik)
1	BO 1	I	3,12	30,33	28,11	1748	0,00051487	0,0004618
		II	3,19	31,19	28,79	1770	0,00044633	
		III	3,13	34,69	32,31	1768	0,00042421	
2	BO 2	I	3,22	30,62	28,15	2808	0,00026709	0,000266
		II	3,12	34,72	32,31	2774	0,00025595	
		III	3,18	31,26	28,77	2510	0,0002749	
3	BO 3	I	2,53	29,76	27,87	1756	0,00036446	0,0004349
		II	2,79	30,81	28,85	1658	0,0005006	
		III	2,92	34,48	32,32	1729	0,00043956	
4	BO 4	I	3,29	30,48	28,15	1695	0,00056637	0,0007118
		II	3,50	31,15	29,18	1752	0,00087329	
		III	3,27	34,84	32,77	1725	0,00069565	
5	BO 5	I	2,77	29,93	28,02	1666	0,00051621	0,0004769
		II	2,71	30,76	28,82	1636	0,00047066	
		III	2,71	34,33	32,37	1690	0,00044379	
6	BO 6	I	3,39	30,60	28,12	2116	0,00043006	0,0004211
		II	3,31	31,32	28,88	2116	0,00041115	
		III	3,42	34,98	32,45	2108	0,0004222	
7	BO 7	I	3,36	30,56	27,95	2046	0,00036657	0,0003599
		II	3,30	31,28	28,76	2046	0,00038123	
		III	3,17	34,71	32,22	2048	0,00033203	

## Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

### 1. Hasil Proses Pengarangan Ranting kayu, daun, dan sekam padi



### 2. Proses Pengayaan dan Mengkomposisikan Campuran Arang Briket



### 3. Proses Pembuatan Briket





4. Proses Pengujian Kadar Abu




5. Proses Pengujian Kadar Zat Menguap



6. Proses Pengujian Nilai Kalor



### Lampiran 3. Surat Penelitian

  
**KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
Nomor: 220 / FT-UNNES / 2016  
Tentang  
**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER  
GASAL/GENAP  
TAHUN AKADEMIK 2015/2016**

Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.

Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)  
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES  
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;  
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;

Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Tanggal 20 Januari 2016

Menetapkan :  
PERTAMA : **MEMUTUSKAN**  
Menunjuk dan menugaskan kepada:

1. Nama : Drs. Wirawan Sumbodo, M.T.  
NIP : 196601051990021002  
Pangkat/Golongan : IV/B  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Pembimbing I


2. Nama : Drs. Sunyoto, M.Si.  
NIP : 196511051991021001  
Pangkat/Golongan : IV/B  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin  
Topik : Pengaruh Variasi Campuran Arang Sekam dengan Arang Bonggol Jagung Terhadap Laju Pembakaran Briket

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

DITETAPKAN DI : SEMARANG  
PADA TANGGAL : 22 Januari 2016

  
Dekan  
Dr. Agus Gudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

Tembusan  
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik  
2. Ketua Jurusan  
3. Petinggal

5201412017  
FM-03-AKD-24/Rev. 02



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229

Telepon/Fax (024) 8508101 – 8508009

Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: [ft\\_unnes@yahoo.com](mailto:ft_unnes@yahoo.com)

## SURAT TUGAS

Nomor : 4399 /UN37.1.5/TU/2016

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut :

No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Danang Dwi Saputro, S.T., M.T. 197811052005011001	Penata, III/c	Penguji
2	Drs. Wirawan Sumbodo, M.T. 196601051990021002	Pembina Tk. I, IV/b	Pembimbing 1
3	Drs. Sunyoto, M.Si. 196511051991021001	Pembina Tk. I, IV/b	Pembimbing 2

untuk menguji mahasiswa :

Nama : DIMAS WAHYU SANTOSO  
NIM : 5201412017  
Prodi : S1 Pendidikan Teknik Mesin  
Topik : PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH ORGANIK TERHADAP KARAKTERISTIK BRIKET BIOARANG.

Waktu : Kamis, 12 Mei 2016  
Jam : 09.00 WIB sampai selesai  
Tempat : Ruang Ujian E9 lantai 3  
Pakaian : Hitam putih berjas almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Semarang, 4 Mei 2016

Dekan

Dr. Nur Qudus, M.T.

NIP. 196911301994031001

Tembusan :

1. Wakil Dekan Bidang II
  2. Ketua Jurusan TM
  3. Kasubbag Keuangan
  4. Arsip
- Fakultas Teknik UNNES

**LEMBAR PERNYATAAN SELESAI REVISI PROPOSAL**

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah Dosen Pembimbing dan calon Dosen Penguji skripsi mahasiswa :

Nama : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah SELESAI melaksanakan revisi proposal skripsi yang berjudul :

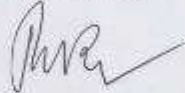
**Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang**  
dan penelitian tersebut siap untuk dilaksanakan.

Semarang, 8 Juni 2016  
Dosen Pembimbing 2



Drs. Sunyoto, M.Si  
NIP. 196511051991021001

Semarang, 8 Juni 2016  
Dosen Pembimbing 1



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T  
NIP. 19660105199021002

Semarang, 8 Juni 2016  
Calon Dosen Penguji



Danang Dwi Saputro, S.T., M.T  
NIP. 197811052005011001

## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Proposal skripsi mahasiswa :

Nama : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Judul skripsi : Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang

telah diseminarkan pada

Hari, tanggal : Kamis, 12 Mei 2016  
Pukul : 09.00 WIB  
Tempat : Ruang Ujian E9 Lantai 3  
Jumlah Dosen hadir : 3 orang  
Jumlah mhs hadir : 12 orang

**Kesimpulan hasil seminar: ~~Proposal tidak direvisi~~ / Proposal direvisi \*)**

Catatan hasil seminar (wajib diisi):

1. Latar belakang lebih diperjelas dari umum ke khusus
2. Pada identifikasi masalah sebutkan masalah yang ada
3. Tabel di kajian pustaka diperjelas
4. Metode pembuatan arang diperjelas dengan penambahan gambar
5. Perjelas pengujian laju pembakaran briket
6. Kajian penelitian yang relevan sekitar 6 jurnal dan minimal ada 2 jurnal internasional
7. Jelaskan jenis penelitian pada BAB III
8. Diagram alir penelitian diperbaiki dibagian pengujian
9. Tampilkan tabel pengumpulan data dibagian teknik pengumpulan data

Dosen Pembimbing 2



Drs. Sunyoto, M.Si  
NIP. 196511051991021001

Semarang, 8 Juni 2016

Dosen Pembimbing 1



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T  
NIP. 19660105199021002

Calon Dosen Penguji



Danang Dwi Saputro, S.T., M.T  
NIP. 197811052005011001



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN S1  
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Alamat: Kantor Jurusan Teknik Mesin Gedung E5 Fakultas Teknik Unnes,  
Sekaran, Gunungpati Semarang 50229 Telepon : (024) 8508103

Semarang, 23 Juni 2016

Hal : Permohonan Peminjaman Tempat

**Yth. Ka. Lab Teknik Mesin FT UNNES  
Dr. Basyirun, S.Pd., M.T.  
Di tempat**

Dengan hormat,

Sehubungan dengan pembuatan spesimen briket, maka dengan ini:

Nama : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Topik : Pengaruh Komposisi Limbah Organik Terhadap Karakteristik  
Briket Bioarang

Maka demi kelancaran skripsi tersebut, mohon untuk dapat meminjamkan  
**Lab. Produksi** sebagai tempat pembuatan spesimen briket.

Demikian permohonan ini saya sampaikan, atas perhatian dan  
kebijaksanaan Bapak saya ucapkan terima kasih.

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik UNNES

Rusyanto S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Hormat saya,  
Mahasiswa Praktikan

Dimas Wahyu Santoso  
NIM 5201412049

*Kepada Yth. Bapak Wayan  
Mohon jika dapat dibantu  
Ka. Lab. Teknik Mesin  
Basyirun*



KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

Gedung E.I, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Telepon: 0248508101

Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: [ft\\_unnes@yahoo.com](mailto:ft_unnes@yahoo.com)

Nomor : 5386/UN37.VS/DT/2016  
Lamp. :  
Hal : Ijin Penelitian

Kepada  
Yth. Kepala Lab. Ilmu Nutrisi dan Pakan Fak. Peternakan dan Pertanian UNDIP  
di Fak. Peternakan dan Pertanian UNDIP

Dengan Hormat,  
Bersama ini, kami mohon ijin pelaksanaan penelitian untuk menyusun skripsi/tugas akhir  
oleh mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Dimas Wahyu Santoso  
NIM : 5201412017  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1  
Topik : Pengaruh Komposisi Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket  
Bioarang

Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Semarang, 17 Juni 2016  
Dekan,

Dr. Nur Qudus, M.T  
N.P. 196911301994031001



KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E1 Lt.2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
Telepon: 024 8508101  
Laman: tekkim.unnes.ac.id, surel: chemeng@mail.unnes.ac.id

No. **8202/UN37.1.5/DT/2016**  
Lamp.  
Hal Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Mesin adalah sebagai berikut.

I. Susunan Panitia Ujian:

- a. Ketua : RUSIYANTO, S.Pd., M.T
- b. Sekretaris : RUSIYANTO, S.Pd., M.T
- c. Pembimbing Utama : Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.
- d. Pembimbing Pendamping : Drs. Sunyoto, M.Si.
- e. Penguji : Danang Dwi Saputro, S.T., M.T.

II. Calon yang diuji:

- Nama : Dimas Wahyu Santoso
- NIM/Jurusan/Program Studi : 5201412017/Teknik Mesin /Pendidikan Teknik Mesin, S1
- Judul Skripsi : Pengaruh Komposisi Bahan Limbah Organik Terhadap Karakteristik Briket Bioarang

III. Waktu dan Tempat Ujian

- Hari/Tanggal : Senin / 17 Oktober 2016
- Jam : 09.00.00
- Tempat : E9 Lt.3 Ruang Ujian
- Pakaian :

Tembusan  
1. Ketua Jurusan TEKNIK MESIN  
2. Calon yang diuji

Semarang, 14 Oktober 2016  
Dekan,  
  
Dr. Nur Qudus M.T.  
NIP. 196911301984031001

5201412017