

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**KARBONISASI BATU BARA LIMBAH P L T U DENGAN  
BIOMASSA CANGKANG KOPI SEBAGAI BAHAN BAKAR BRIKET  
BERKADAR SULFUR RENDAH**

**Tahun Ke 1 dari Rencana 2 Tahun**

Dibiayai oleh  
Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi,  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Bagi Dosen Perguruan Tinggi  
Swasta Kopertis Wilayah VI Tahun Anggaran 2015  
Nomor : 008/K6/KM/SP2H/Penelitian Batch-1/2015

**Tim Pelaksana :**

<b>Budi Gunawan, ST, MT</b>	<b>0613027301</b>	<b>(Ketua)</b>
<b>Sugeng Slamet, ST, MT</b>	<b>0622067101</b>	<b>(Anggota)</b>

**UNIVERSITAS MURIA KUDUS  
OKTOBER 2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Karbonisasi Batu Bara Limbah PLTU Dengan Biomassa Cangkang Kopi Sebagai Bahan Bakar Briket Berkadar Sulfur Rendah

**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : BUDI GUNAWAN S.T., M.T.  
Perguruan Tinggi : Universitas Muria Kudus  
NIDN : 0613027301  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Elektro  
Nomor HP : 085740961734  
Alamat surel (e-mail) : budi.gunawan02@gmail.com

**Anggota (1)**

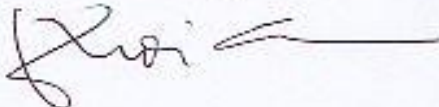
Nama Lengkap : SUGENG SLAMET  
NIDN : 0622067101  
Perguruan Tinggi : Universitas Muria Kudus  
Institusi Mitra (jika ada) : -  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 65.000.000,00  
Biaya Keseluruhan : Rp 145.635.000,00

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UMK



(Rochmad Winarso, ST, MT)  
NIP/NIK 0610701000001138

Kudus, 20 - 10 - 2015  
Ketua,

  
(BUDI GUNAWAN S.T., M.T.)  
NIP/NIK 0610701000001148

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian UMK



(Dr. Mamik Indaryani, Dra, MS)  
NIP/NIK 0610702010101010

## RINGKASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah; membuat biobriket dari bottom ash limbah batu bara PLTU PT Pura Barutama dengan biomassa cangkang kopi dengan beberapa variasi perbandingan komposisi dan menguji kandungan senyawa, kadar abu dan kadar airnya. Metode yang dilakukan adalah mengolah campuran bottom ash yang dikombinasi dengan biomassa melalui proses karbonisasi. Biomassa yang digunakan adalah cangkang kopi. Biomassa dan bottom ash yang telah dibuat serbuk, selanjutnya dilakukan pemampatan dengan perbandingan 4:2. Perbandingan komposisi biomassa-bottom ash adalah 50:50, 60:40, 70:30. Hasil pengujian menggunakan SEM menunjukkan pengurangan bottom ash menaikkan kadar carbon dan menurunkan SOx. Kadar carbon naik rata-rata 7.25%. Kadar air naik rata-rata 3.93%. Sedangkan kadar abu naik rata-rata 11.09%.

*Kata kunci : cangkang kopi, karbonisasi, biomassa, biobriket, bottom ash*

## **PRAKATA**

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah S.W.T. atas rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini. Laporan ini merupakan informasi mengenai hasil kegiatan penelitian HB pada tahun 1 dari 2 tahun kegiatan.

Dalam laporan kemajuan ini dijelaskan progress pelaksanaan kegiatan penelitian HB yang direncanakan dilaksanakan dalam dua tahun (2015 dan 2016) dan tahun ini merupakan tahun 1 dalam pelaksanaan penelitian.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Kudus, 20 Oktober 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUT.....	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	2
RINGKASAN .....	3
PRAKATA.....	4
DAFTAR ISI.....	5
DAFTAR TABEL .....	6
DAFTAR GAMBAR.....	7
DAFTAR LAMPIRAN.....	8
BAB 1. PENDAHULUAN .....	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	12
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	17
BAB 4. METODE PENELITIAN .....	18
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	20
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....	29
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN .....	30
DAFTAR PUSTAKA .....	31

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Komposisi Bahan Bakar Padat .....	13
Tabel 2 Luaran tahun 1 .....	19
Tabel 3 Capaian kegiatan tahun 1 .....	20
Tabel 4. Pengujian komposisi biobriket .....	23

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Peta jalan penelitian.....	16
Gambar 2 Unit reaktor karbonisasi .....	21
Gambar 3. Cetakan biobriket .....	22
Gambar 4. Grafik komposisi biomassa vs kadar carbon .....	24
Gambar 5. Grafik komposisi biomassa vs kadar sulfur .....	24
Gambar 6. Grafik komposisi biomassa vs kadar air .....	25
Gambar 7. Grafik komposisi biomassa vs kadar abu .....	26
Gambar 8. SEM komposisi 50 : 50 .....	26
Gambar 9. SEM komposisi 60 : 40.....	27
Gambar 10. SEM komposisi 70 : 30 .....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Personalia Peneliti .....	32
Lampiran 2 Publikasi Jurnal Nasional .....	38



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Kebutuhan bahan bakar untuk keperluan rumah tangga maupun industri semakin meningkat tiap tahun. Sementara itu ketersediaan bahan bakar minyak dan gas selain harganya terus meningkat juga produksi dan distribusinya sering terhambat.

Pemerintah terus mendorong program kemandirian energi berbasis potensi daerah yang ada. Hal ini bertujuan mengurangi ketergantungan masyarakat akan penggunaan bahan bakar minyak dan terus mengupayakan konversi energi ke bahan bakar alternatif dengan memanfaatkan potensi lokal yang dapat dikembangkan.

Salah satu penciptaan bahan bakar alternatif melalui program konversi energi yang memungkinkan untuk diupayakan adalah dengan memanfaatkan potensi lokal yang selama ini kurang diperhatikan. Bahan bakar utama dari limbah pembakaran boiler PLTU PT Pura Barutama yaitu batu bara yang berlokasi di Kabupaten Kudus Propinsi Jawa Tengah sangat melimpah, dan diperkirakan masih menyimpan energi panas yang cukup tinggi. Selama ini limbah sisa pembakaran batu bara pada PLTU tersebut dibuang sia-sia dan tidak mempunyai nilai ekonomi.

Kapasitas limbah batu-bara buangan sisa pembakaran pada PLTU PT Pura bisa mencapai  $\pm 0,5$  ton per hari. Limbah batu bara ini dihasilkan dari proses pembakaran yang belum selesai atau batu bara tersebut belum sepenuhnya menjadi abu.

Disatu sisi, biomassa cangkang kopi hasil pengolahan buah kopi sampai menjadi bijih kopi juga menumpuk dan belum dimanfaatkan. Kadar air kopi untuk dapat di kupas adalah sekitar 10-13% hal ini menunjukkan juga bahwa cangkang kopi telah mengalami penurunan kadar air sebagai syarat utama bahan bakar alternatif. (Danarti dkk, 1995),

Dari latar belakang tersebut, melalui program Hibah Bersaing DIKTI tahun 2015 ini, akan dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah batu bara PLTU PT Pura Barutama

Kudus menjadi bahan bakar alternatif dengan mengkarbonisasi dengan biomassa cangkang kopi untuk dijadikan sebagai bahan bakar briket berkadar sulfur rendah.

Kebaruan dari penelitian ini adalah; pemanfaatan bahan limbah dari lokal (PT. Pura Barutama) untuk pemenuhan energi (alternatif) lokal (UKM, dan rumah tangga di wilayah Kudus) sekaligus mengurangi dampak lingkungan, kedua hal tadi kita sebut; “Zero Wasted from Local to Local for Green Environment”.

## 1.2 Dasar Hukum

A. Mengacu Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional

- 1) Pasal 2 ayat (2) : Sasaran Kebijakan Energi Nasional adalah :
  - b. Terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional :
- 2) Pasal 3
  - Ayat (1) : Sasaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (2) dicapai melalui Kebijakan Utama dan Kebijakan Pendukung.
  - Ayat (2) : Kebijakan Utama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
    - d. Pelestarian lingkungan dengan menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan
  - Ayat (3) : Kebijakan pendukung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi
    - c. Pemberdayaan masyarakat (Perguruan Tinggi)
    - d. Pengembangan penelitian dan pengembangan serta pendidikan dan pelatihan

B. *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional (BP-PEN) 2005 - 2025

## 1.3 Luaran Penelitian

Keluaran yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah:

1. *Teknologi tepat guna* berupa karbonisasi batu bara limbah PLTU dengan biomassa cangkang kopi sebagai bahan bakar briket berkadar sulfur rendah.
2. *Publikasi* di Jurnal Nasional;
  - Tahun 1 : Jurnal Teknik UNDIP. Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, ISSN: 0852-1697.
3. *Diseminasi* pada seminar Nasional

4. *Artikel ilmiah* di proceeding seminar Nasional
5. *Bahan ajar*

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Bahan bakar (*fuel*) pada prinsipnya adalah segala bahan yang dapat dibakar seperti kertas, kayu, ampas dan minyak tanah. Menurut asalnya dibedakan atas bahan bakar primer (*natural fuel*) dan bahan bakar sekunder (*prepared fuel*). Bahan bakar primer merupakan bahan bakar yang dapat langsung digunakan seperti gas alam, kayu, dan batu bara, sedangkan bahan bakar sekunder diperoleh dari bahan bakar primer yang telah diolah seperti gas oven, gas air, bahan bakar minyak dan briket (Muin, 1988).

Kandungan utama dalam bahan bakar padat/batu bara adalah unsur C dan H merupakan kandungan mayoritas. Kandungan minoritas ialah S, N, O, CO<sub>2</sub>, air dan abu. Carbon merupakan unsur utama dalam bahan bakar mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi 14.000 Btu/lb (Soetiari, 1986).

Pembakaran adalah reaksi oksidasi pada temperatur tinggi dan berjalan cepat. Persyaratan utama proses pembakaran sempurna adalah sebagai berikut :

- a. Penguapan yang efisien dari bahan bakar
- b. Kecukupan udara pembakaran
- c. Temperatur awal pembakaran harus cukup tinggi.

Nilai panas (*heating value*) adalah energi panas yang dilepaskan pada waktu terjadi oksidasi unsur-unsur kimia (C, H<sub>2</sub>, O dan S) yang terdapat dalam bahan bakar (Arismunandar, 1988).

Metode *proximate analysis* adalah digunakan untuk menentukan nilai kalor dalam bahan bakar padat dengan menentukan :

1. Kadar air (*Moisture*)
2. Kadar bahan yang mudah menguap (*Volatile matter*)
3. Kadar Abu (*Ash*)
4. kadar karbon tetap (*Fixed Carbon*)

Parameter-parameter tadi memberikan sifat teknis dari energi biomassa sebagai bahan bakar potensial pengganti bahan bakar fosil. Pemilihan biomassa berdasarkan nilai kalor yang tinggi, kandungan volatil yang tinggi, kadar abu rendah, kandungan *fixed carbon* sedang dan ketersediaannya yang melimpah.

Sedangkan metode ultimate analysis dengan cara ditentukan prosentase unsur-unsur pokok dalam batu bara C, H, dan O disamping prosentase penyusun lainnya N, S, C dan H melalui analisa kimia. Tabel 1. menunjukkan komposisi bahan bakar padat serta nilai kalor yang dihitung menggunakan metode *ultimate analysis*.

**Tabel 1** Komposisi Bahan Bakar Padat

Fuel	Ultimate Analysis						Gross HV Kcal/Kg
	Carbon	Hidrogen	Oksigen	Nitrogen	Sulfur	Ash	
Wood	48,5	6,0	43,5	0,5	-	1,5	2.500
Peat	58,0	6,3	30,5	0,9	-	4,0	3.500
Lignite	66,0	5,0	20,0	1,0	3,5	3,5	5.000
Bituminaous coal	81,0	5,0	8,0	1,5	1,0	3,5	7.500
Anthracite	91,0	3,0	2,5	0,5	0,5	2,5	8.500

Sifat-sifat penting dari briket yang mempengaruhi kualitas bahan bakar adalah sifat fisik dan kimia. Sebagai contoh adalah karakteristik densitas, ukuran briket, kandungan air, nilai kalor dan energi per satuan volume ( Suyitno, 2008).

Briket adalah bahan bakar padat yang mampu menggantikan sebagian dari kegunaan minyak tanah seperti untuk pengolahan makanan, pengeringan, pembakaran dan pemanasan. Jenis briket/bahan bakar padat adalah :

1. Kayu dan sisa tumbuhan : kayu atau sisa tumbuhan seperti batang tebu, kulit buah, jerami dan lain-lain. Kadar abu dari bahan ini rendah sedangkan kadar air relatif tinggi.
2. *Peat* : Bahan yang terbentuk dari dekomposisi dan desintegrasi tanaman *graminae* oleh tekanan air dalam rawa Kandungan abunya tergantung pada lumpur rawa, bersifat *higroskopis*.
3. Batu-bara meliputi *lignite*, *bituminous coal* dan *anthrasite*.

Biomassa cangkang kopi sangat layak untuk dijadikan bahan bakar alternatif/briket karena biomassa cangkang kopi yang telah dihaluskan dan dipress mampu menyala sempurna selama 90 menit per 0,25 kg massa briket ( Slamet, 2008).

Kadar air buah kopi untuk dapat di kupas adalah sekitar 10-13%, hal ini menunjukkan bahwa cangkang kopi telah mengalami penurunan kadar air sebagai syarat utama dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. (Danarti dkk, 1995)

## **2.2 Studi Pendahuluan**

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan oleh tim pengusul, diantaranya adalah;

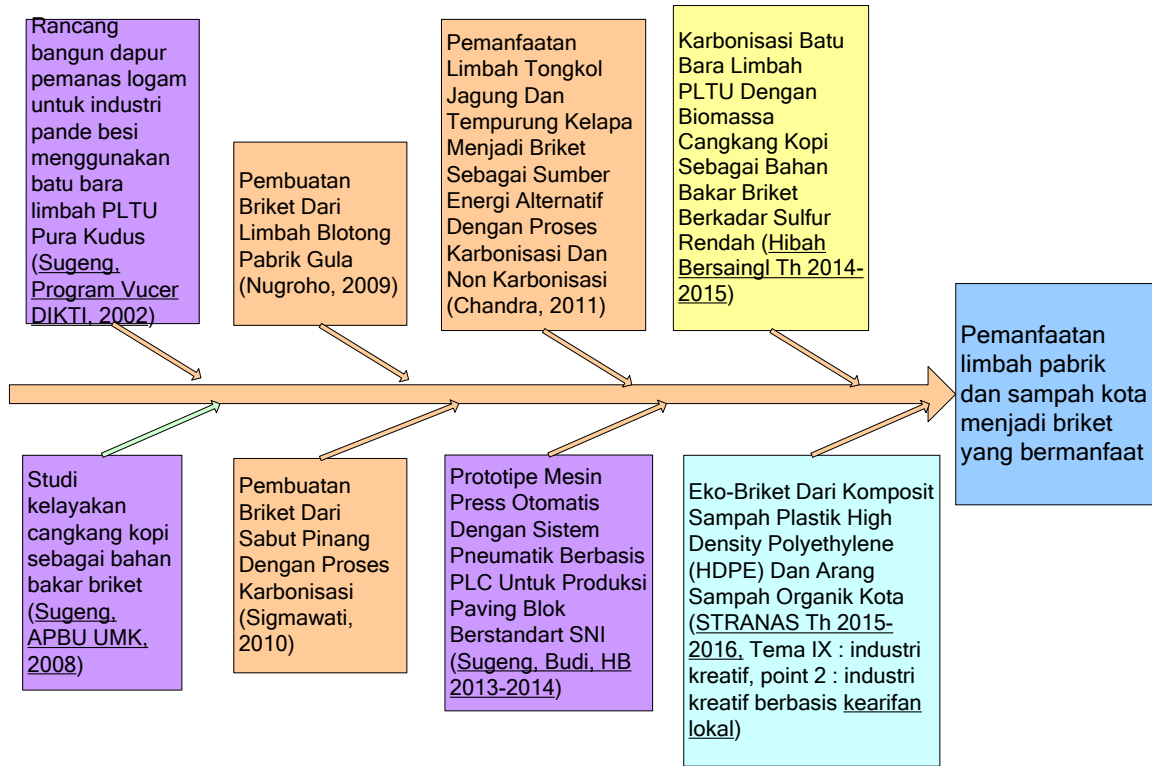
1. Tahun 2002 melakukan rancang bangun dapur pemanas logam untuk industri pande besi menggunakan batu bara limbah PLTU PT Pura Barutama Kudus yang telah diolah kembali menjadi kokas yang dibiayai oleh Dikti melalui program vucer (Program Vucer DIKTI, Sugeng, 2002).
2. Penelitian selanjutnya adalah studi kelayakan cangkang kopi sebagai bahan bakar briket yang dibiayai oleh APBU Universitas Muria Kudus tahun 2008. (APBU UMK, Sugeng, 2008)
3. Selanjutnya tahun 2012 mendapat hibah penelitian DIKTI skim RAPID, dengan judul; “Penerapan Teknologi Otomatis pada Mesin Hot Press Partikel dan Mesin Miling Papan Partikel Berbasis PLC” (Budi, Sugeng, DIKTI-RAPID 2012)
4. Tahun 2014 mendapat hibah penelitian DIKTI skim Hibah Bersaing, dengan judul; “Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Serta Pengujiannya Untuk Pemakaian Pada Mesin Mobil Dalam Memenuhi Standart Emisi Euro” (Budi, DIKTI-HB 2014)

## **2.3 Road Map Penelitian**

Peta jalan penelitian menggambarkan penelitian terkait yang sebelumnya pernah dilakukan oleh peneliti lain, penelitian yang pernah dilakukan oleh tim pengusul, penelitian yang akan dilakukan sekarang dalam hibah bersaing dan rencana penelitian kedepan.

- a. Penelitian terkait yang pernah dilakukan oleh peneliti lain
  - 1) Pembuatan Briket Dari Limbah Blotong Pabrik Gula (Nugroho, 2009)
  - 2) Pembuatan Briket Dari Sabut Pinang Dengan Proses Karbonisasi (Sigmawati, 2010)
  - 3) Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Dan Tempurung Kelapa Menjadi Briket Sebagai Sumber Energi Alternatif Dengan Proses Karbonisasi Dan Non Karbonisasi (Chandra, 2011)
- b. Penelitian terkait yang pernah dilakukan oleh tim pengusul
  - 4) Rancang bangun dapur pemanas logam untuk industri pande besi menggunakan batu bara limbah PLTU Pura Kudus (Sugeng, Program Vucer DIKTI, 2002).
  - 5) Studi kelayakan cangkang kopi sebagai bahan bakar briket (Sugeng, APBU UMK, 2008)
  - 6) Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Serta Pengujiannya Untuk Pemakaian Pada Mesin Mobil Dalam Memenuhi Standart Emisi Euro (Budi, DIKTI-HB 2014)
- c. Penelitian yang akan diusulkan dalam penelitian hibah bersaing (2015-2016)
  - 7) Karbonisasi Batu Bara Limbah PLTU Dengan Biomassa Cangkang Kopi Sebagai Bahan Bakar Briket Berkadar Sulfur Rendah (Hibah Bersaing Th 2015-2016)
- d. Rencana penelitian selanjutnya
  - 8) Eko-Briket Dari Komposit Sampah Plastik High Density Polyethylene (HDPE) dan Arang Sampah Organik (STRANAS Th 2017-2018, Tema IX : Industri Kreatif, Point 2 : Industri Kreatif Berbasis Kearifan Lokal)

Gambar *road map* penelitian seperti diperlihatkan pada gambar dibawah;



**Gambar 1.** Peta jalan penelitian

- Keterangan :**
- Sudah pernah dilakukan oleh peneliti lain
  - Sudah pernah dilakukan oleh tim pengusul
  - Yang diusulkan dalam HB th 2015-2016
  - Rencana selanjutnya dalam STRANAS 2017-2018



## **BAB 3**

### **TUJUAN DAN MANFAAT**

#### **3.1 Tujuan**

Tujuan yang diharapkan dari penelitian adalah :

1. Memanfaatkan limbah batu bara PLTU PT Pura Barutama menjadi salah satu bahan bakar alternatif dengan membuatnya menjadi briket dengan cangkang kopi menjadi biomasnya
2. Upaya menyediakan bahan bakar alternatif bagi masyarakat dan industri kecil/UKM.

#### **3.2 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai perwujudan konkrit dari peran perguruan tinggi (sebagai elemen masyarakat) dalam ikut mendukung Per Pres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional sebagaimana yang disebutkan dalam Pasal 3 ayat (3) Per Pres No. 5 th 2006 dan juga bermanfaat dalam mengatasi dampak lingkungan dari limbah batu bara dengan mengolahnya menjadi bahan yang berguna.

## **BAB 4**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muria Kudus dan Laboratorium Teknik Kimia Undip untuk pengujian-pengujian yang belum bisa dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muria Kudus.

#### **4.2 Studi Kelayakan**

Perencanaan dalam program penelitian ini diawali dari studi kelayakan potensi batu bara limbah dari PLTU PT Pura Barutama Kudus,

Proses selanjutnya adalah upaya fabrikasi batu bara limbah tersebut untuk meningkatkan nilai panas dan mengurangi kadar sulfur yang ada melalui proses karbonisasi dengan bahan tambah biomassa cangkang kopi.

Hasil pembahasan akan menjadi rujukan untuk mensosialisasikan dan mempublikasikan batu bara limbah PLTU dengan bahan tambah biomassa cangkang kopi untuk dapat dikembangkan dengan biomassa lainnya.

#### **4.3 Langkah Kegiatan Penelitian Tahun 1**

Dalam penelitian tahun 1 ini ada beberapa langkah kegiatan yang akan dilakukan, diantaranya;

1. Mengumpulkan bahan limbah pembakaran PLTU yang berupa *bottom ash* dan bahan biomasanya yaitu cangkang kopi.
2. Melakukan proses *cleaning*, *breaking* dan *sizing* untuk mendapatkan ukuran *bottom ash* dan biomassa sesuai yang diharapkan
3. Melakukan proses karbonisasi biomassa cangkang kopi untuk meningkatkan karbon tetap (*fixed carbon*) sekaligus untuk menurunkan kadar air (*moisture*) dan kadar menguap lainnya (*volatile matter*)
4. Menyiapkan bahan pengikat/binder.

5. Melakukan proses mixing dengan beberapa variasi komposisi antara *bottom ash* dengan biomassa cangkang kopi.
6. Melakukan pencetakan melalui proses pengepresan.
7. Mengeringkan briket hasil fabrikasi dengan proses karbonisasi.
8. Menguji nilai kalor, densitas, kadar abu, kadar sulfur

#### 4.6 Luaran yang direncanakan pada tahun 1

**Tabel 2** Luaran tahun 1

Tahun	Target/Luaran
Tahun 1 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrikasi biobriket dengan beberapa variasi komposisi antara bottom ash dan biomassa cangkang kopi serta hasil pengujian dari kandungan senyawanya, kadar abu dan kadar airnya .</li> <li>- Publikasi di Jurnal Nasional</li> <li>- Diseminasi di seminar Nasional</li> <li>- Draft Buku Ajar</li> </ul>

## BAB 5

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian tahun 1 ini telah dicapai fabrikasi biobriket dengan beberapa variasi komposisi antara bottom ash dan biomassa cangkang kopi serta menguji kandungan senyawanya, kadar abu dan kadar airnya.

#### 5.1 Tahap kegiatan pembuatan briket (rencana tahun 1)

- 1) *Tahap 1* : Pengarangan (karbonisasi). Dari bahan tempurung kelapa, dibakar dengan temperatur sekitar 300– 350oC selama  $\pm$  2 jam
- 2) *Tahap 2* : Penggilingan. Dilakukan penggilingan sehingga bahan yang sudah di arangkan bisa hancur dengan ukuran partikel  $\pm$  50-70 mesh
- 3) *Tahap 3* : Mixing/pencampuran. Pencampuran bahan bottom ash, bio massa (tempurung kelapa) dengan perbandingan 60%:40% dan 70%:30% dengan variasi zat pengikat/binder yaitu: tetes tebu dan tepung kanji
- 4) *Tahap 4* : Pencetakan. Setelah bahan – bahan dicampur secara merata dan dibuat berbagai macam perbandingan selanjutnya di masukkan kedalam pencetakan briket
- 5) *Tahap 5* : Pengeringan. Dengan oven atau dengan dijemur di terik matahari hingga kadar air nya rendah
- 6) *Tahap 6* : Pengujian. Pada pengujian ini diuji kandungan senyawanya, kadar abunya dan kadar airnya.

#### 5.2 Capaian kegiatan tahun 1 sebagai berikut

**Tabel 3** Capaian kegiatan tahun 1

No	Kegiatan	Keterangan
1	Pengarangan/karbonisasi	Tercapai
2	Penggilingan	Tercapai
3	Mixing/pencampuran	Tercapai

4	Pencetakan	Tercapai
5	Pengeringan	Tercapai
6	Pengujian biobriket	Tercapai
7	Publikasi pada Jurnal Nasional	Proses review
8	Diseminasi pada seminar Nasional	Tercapai
9	Pembuatan buku ajar	Draft (bab 3)

### 5.3 Metode pembuatan dan pengujian biobriket

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan briket adalah limbah abu batubara pada boiler berupa *bottom ash* dan biomassa berupa cangkang kopi. Untuk menghasilkan produk specimen biobriket dilakukan proses karbonisasi biomassa, yang mana dilakukan proses pemanasan dengan temperatur sebesar 300°C dalam bejana tertutup yang memungkinkan oksigen sangat sedikit. Proses ini hanya meninggalkan carbon sebagai residu. Proses ini sangat efektif untuk menghilangkan kandungan zat terbang serta kadar air.

Dalam penelitian ini digunakan bahan *bottom ash* yang berasal dari pembakaran batubara yang tidak sempurna, jenis batu bara yang digunakan adalah batubara *sub bituminous*. *Sub bituminous* merupakan kelas batu bara yang memiliki kandungan kalori antara 5700 - 6100 kcal/kg, sulfur 0.9 % kadar air 8%-10% dari beratnya. Untuk mengikat partikel arang biomassa dan *bottom ash* menggunakan resin alam/ tetes tebu.



**Gambar 2.** Unit reaktor karbonisasi

Peralatan yang digunakan meliputi :

1. Reaktor pirolisis ( tungku dan tabung pengarangan ).
2. *Thermometer Infrared*
3. Penumbuk arang
4. Ayakan mesh 400.
5. Timbangan digital
6. Cetakan briket
7. Mesin press
8. Oven pemanas
9. Pengukur kadar air
10. SEM-EDS

Jenis pengujian yang dilakukan meliputi : Pengujian senyawa menggunakan SEM-EDS, pengujian kadar air dan pengujian kadar abu.

Komposisi biobriket terdiri atas campuran bottom ash dan biomassa sebagai berikut : 50 : 50 ; 60 : 40 ; 70 : 30 dalam prosen berat dengan pengikat resin alami tetes tebu.

Proses fabrikasi biobriket yang dilakukan meliputi : pengeringan bahan, karbonisasi, penggilingan menjadi serbuk, pengayakan, *blending dan mixing*, dan pengepresan dengan perbandingan kompaksi 4:2.



**Gambar 3.** Cetakan biobriket

Volume cetakan 70,65 cm<sup>3</sup>, untuk menentukan komposisi berat masing-masing komponen dinyatakan dengan :

$$m = \rho \times V \dots\dots\dots(1)$$

Selanjutnya specimen biobriket dilakukan pengujian meliputi :

1. Pengujian SEM- EDS
2. Pengujian kadar air

Kadar air dari specimen di kadar air dengan rumus sebagai berikut:

$$KA1 = \frac{b - c}{b - a} \times 100\%$$

$$KA2 = \frac{c - d}{b - a} \times 100\%$$

Kadar air sesungguhnya =

$$KA1 + KA2 - (KA1 \times KA2)/100 \dots\dots\dots(2)$$

3. Pengujian kadar abu

$$\text{Kadar Abu Total} = \frac{\text{Massa Abu Total}}{\text{Massa Sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

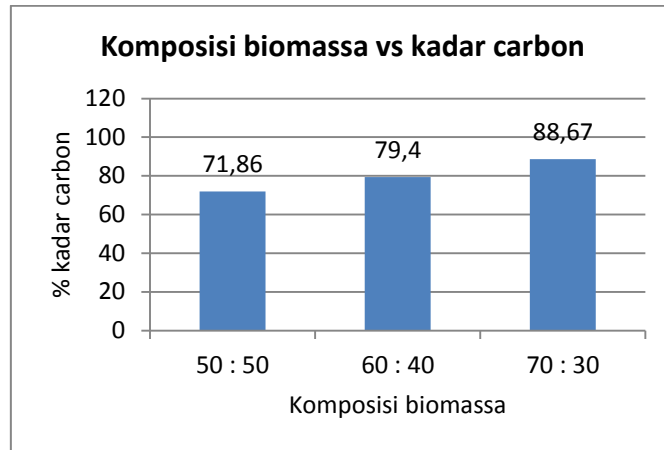
#### 5.4 Hasil pengujian kandungan senyawa

Perhitungan volume tabung menghasilkan volume briket sebesar 70,65 cm<sup>3</sup>. Volume briket tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung massa biomassa dan bottom ash dengan prosentase perbandingan 50 : 50, 60 : 40, dan 70 : 30. Massa jenis arang cangkang kopi 0.34 g/cm<sup>3</sup> dan bottom ash 1.28 g/cm<sup>3</sup>. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil pada tabel 1.

Tabel 4. Pengujian komposisi biobriket

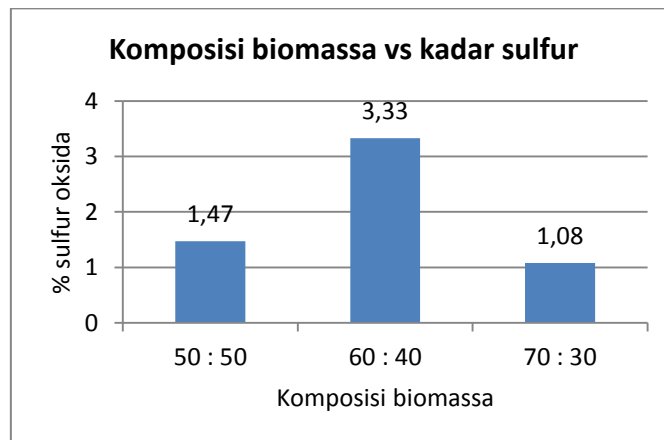
Komposisi biomassa-bottom ash (%)	Kadar Carbon (%)	Sulfur Oksida (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
50 : 50	71.86	1.47	2.93	35.09
60 : 40	79.4	3.33	4.18	40.25
70 : 30	88.67	1.08	4.7	47.92

Dari tabel 1. diatas menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap penambahan biomassa terhadap peningkatan kadar carbon pada briket campuran dengan bottom ash.



**Gambar 4.** Grafik komposisi biomassa vs kadar carbon

Pada gambar grafik 4 menunjukkan bahwa prosentase kadar carbon meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi biomasanya, kadar karbon ini mempengaruhi nilai panas dari biobriket.

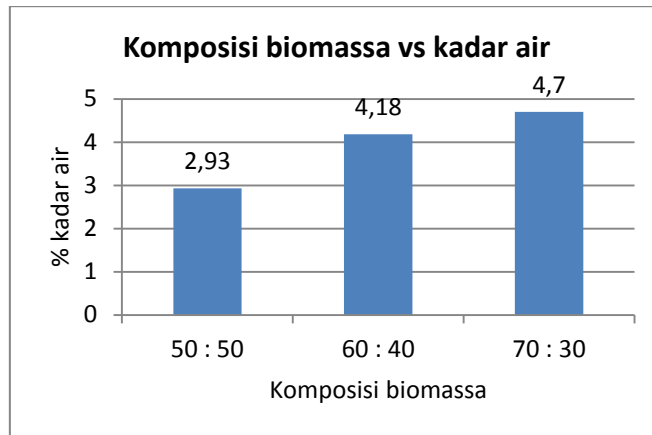


**Gambar 5.** Grafik komposisi biomassa vs kadar sulfur

Sebagaimana diketahui penggunaan batu bara sangat beresiko bagi kesehatan makhluk hidup, hal ini dikarenakan kadar sulfur yang terkandung pada batu bara mencapai 3,5%. Oleh karena itu penggunaan bottom ash sebagai campuran dalam biobriket juga perlu dilakukan pengujian kadar sulfur oksida (SO<sub>x</sub>). Hal ini untuk memastikan bahwa kadar belerang yang ada masih relatif aman jika biobriket ini digunakan manusia. Pada gambar 5 grafik diatas menunjukkan penambahan biomassa cangkang kopi menurunkan kadar SO<sub>x</sub> hingga 1,08 %



pada komposisi 70:30. Kadar belerang dalam bakar mampu dapat meningkatkan nilai panasnya.



**Gambar 6.** Grafik komposisi biomassa vs kadar air

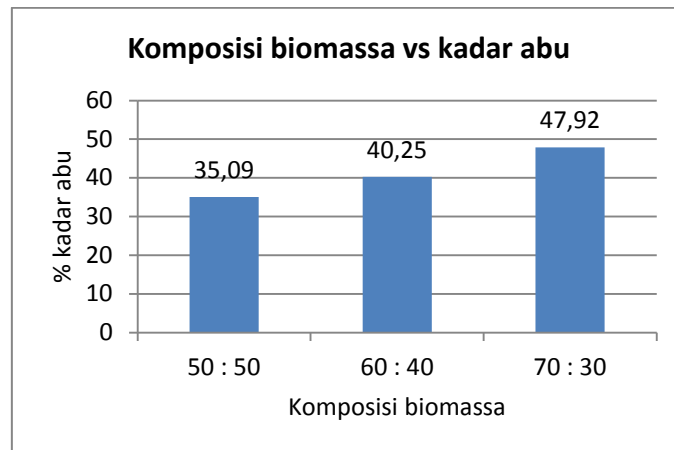
Pengujian kadar air terhadap komposisi bahan baku briket sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6 menunjukkan bahwa prosentase kadar air meningkat dengan meningkatnya komposisi biomassa. Air yang terkandung dalam bahan bakar padat terdiri dari:

- Kandungan air internal atau air kristal, yaitu air yang terikat secara kimiawi.
- Kandungan air eksternal atau air mekanikal, yaitu air yang menempel pada permukaan bahan dan terikat secara fisis atau mekanis.

Air dalam bahan bakar merupakan uap air yang bercampur dengan bahan bakar tersebut. Air yang terkandung dalam bahan bakar menyebabkan penurunan mutu bahan bakar karena:

- Menurunkan nilai kalor dan memerlukan sejumlah kalor untuk penguapan
- Menurunkan titik nyala
- Memperlambat proses pembakaran, dan menambah volume gas buang

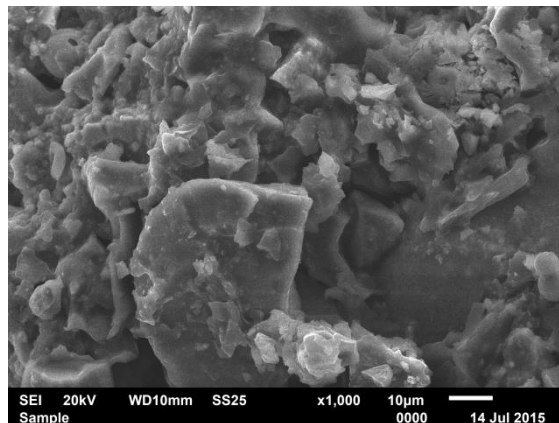
Hasil pengujian kadar air menunjukkan hasil yang bervariasi, namun jika dikaitkan dengan nilai karbon yang sangat berpengaruh terhadap nilai panas maka komposisi 60:40 menunjukkan nilai yang cukup signifikan. Biobriket campuran bottom ash dan arang cangkang kopi rata-rata 3,93%.



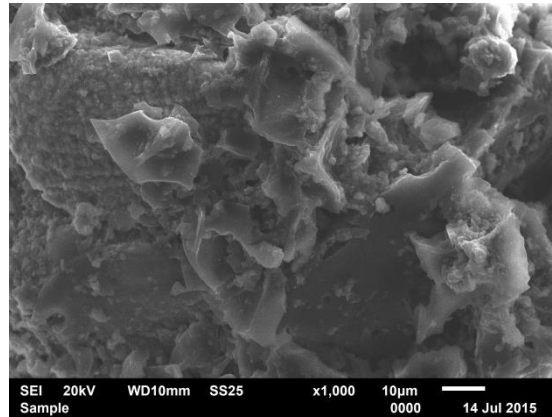
**Gambar 7.** Grafik komposisi biomassa vs kadar abu

Gambar 7. Menunjukkan peningkatan kadar abu untuk semua komposisi campuran bottom ash dan biomassa. Biomassa arang cangkang kopi mengalami kenaikan rata-rata 11,09%. Nilai kadar abu biobriket menunjukkan nilai linearitas, dimana penambahan biomassa sangat mempengaruhi penambahan prosen kadar abu yang terbentuk.

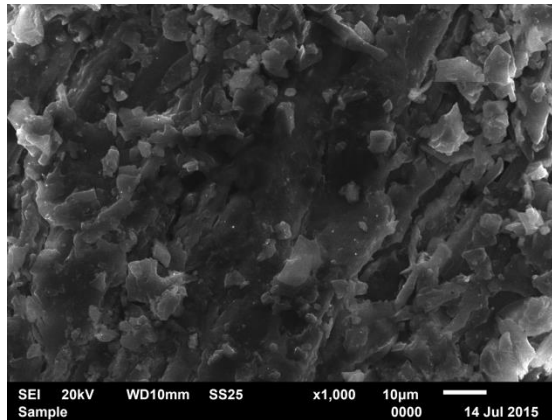
Hasil SEM EDS berbagai komposisi biomassa dan bottom ash sebagaimana ditunjukkan gambar berikut;



**Gambar 8.** SEM komposisi 50 : 50



**Gambar 9.** SEM komposisi 60 : 40



**Gambar 10.** SEM komposisi 70 : 30

Dari uraian tersebut di atas menunjukkan bahwa bottom ash dapat dijadikan sebagai bahan bakar padat alternatif dengan cara melakukan proses daur ulang untuk selanjutnya dilakukan proses karbonisasi dengan biomassa lain sehingga nilai panasnya dapat ditingkatkan. Penggunaan biomassa sebagai campuran briket akan lebih ramah lingkungan dikarenakan biomassa tersebut tidak mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan terutama sulfur sebagaimana dijumpai pada batu bara murni.

Dari sisi keekonomiannya, penggunaan biobriket dapat menghemat sebesar 70% lebih murah dibanding dengan bahan bakar minyak tanah/kerosine. Sedangkan untuk bahan bakar gas/LPG, masyarakat dapat lebih hemat sebesar 93,2 % dan 66,7% lebih hemat dibanding menggunakan briket batu bara murni. Kita mengakui nilai kalor yang dihasilkan biobriket lebih rendah dibanding berbagai bahan bakar tersebut diatas. Nilai panas biobriket hasil penelitian terapan ini lebih rendah 53,6% dari

kerosine, 63,4% dari LPG dan 31,7% dari briket batu bara. Sebagai sumber energi non fosil yang lebih ramah lingkungan, biobriket tetap menjadi alternatif bahan bakar yang prospektif.

## **BAB 6**

### **RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Dari hasil capaian tahun 1 ini, rencana kegiatan pada tahun berikutnya (tahun 2) adalah sebagai berikut:

1. Meneruskan pengujian dari biobriket yang telah dihasilkan pada kegiatan tahun 1 untuk pengujian; densitas, dan nilai kalornya.
2. Mengembangkan penelitian pembuatan biobriket yang berbahan dasar bottom ash dengan memvariasi pada bahan biomassanya selain menggunakan cangkang kopi akan dicoba dengan cangkang kapuk dan tempurung kelapa.
3. Mengembangkan variasi komposisi antara bottom ash dan ke tiga biomassanya dan akan dicari komposisi antara bottom ash dan menggunakan biomassa apa yang mempunyai nilai kalor paling tinggi dengan kadar sulfur yang paling rendah.
4. Mencoba menggunakan zat pengikat yang lain, yaitu larutas fenol yang di hasilkan dari asap cair, dan perbandingkan dengan zat pengikat yang telah digunakan, yaitu tetes tebu
5. Membuat rancangan desain kompor khusus untuk biobriket yang dihasilkan untuk pengguna rumahan, sehingga diharapkan bisa menjadi solusi alternatif bagi penggunaan energi alternatif bagi pengguna rumahan.

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

1. Komposisi limbah batu bara/bottom ash dengan biomassa merupakan sumber bahan bakar alternatif untuk menggantikan sumber bahan bakar fosil.
2. Kadar carbon campuran bottom ash dengan biomassa arang cangkang kopi naik rata-rata 7.25% Sedangkan senyawa sulfur oksida (SOx) pada biobriket menunjukkan prosentase berbeda, komposisi terendah pada campuran biobriket 70 : 30.
3. Kadar air campuran bottom ash dengan biomassa cangkang kopi naik rata-rata 3.93%. Sedangkan kadar abu biomassa cangkang kopi naik rata-rata 11.09%.
4. Proses karbonisasi pada bahan baku biobriket mampu menurunkan prosentase senyawa berbahaya khususnya SOx yang terkandung dalam limbah batu bara.

#### **7.2 Saran**

1. Untuk pengembangan penelitian biobriket, bisa dicoba variasi komposisi yang lebih banyak dan dicari komposisi yang paling baik nilai kalornya.
2. Untuk mencari biomassa yang paling bagus nilai kalornya, bisa dicoba pembuatan biobriket dengan biomassa yang lain, yaitu tempurung kelapa dan cangkang kapuk dan dibandingkan nilai kalornya antara ke tiga biomassa tadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- As'ari, 2011, Pengaruh slow heating pada saat karbonisasi terhadap kualitas karbon tempurung kelapa, Program studi Fisika FMIPA Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Hartanto, Widiastuti, Ulfin, 2010, Pemanfaatan Limbah Abu Dasar ( Bottom ash) sebagai bahan penyerap multifungsi untuk Ammonia dan Organik Pada Air tambak udang serta penyerapan logam berat dari limbah industri pelapisan logam, Research Report, Research Institutions and Community Service, ITS 541.335 Djo p.2009.
- Hardjono, A, 2001, Teknologi minyak bumi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Komarayati, 2013, Arang dan cuka kayu : Produk hasil hutan buka kayu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan serapan hara karbon, Pusat litbang keteknikan hutan, Bogor.
- Misbachul Munir, 2008, Pemanfaatan abu batubara (fly ash) untuk hollow block yang bermutu dan aman bagi lingkungan. Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Muin A Syamsir, 1988, Konversi Energi I, Jakarta, Rajawali Press
- Nur Asni dan Linda Yanti, 2013, Teknologi Pengolahan Arang Tempurung Kelapa, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Napitupulu, FH, 2006, Pengaruh nilai kalor (heating value) suatu bahan bakar terhadap perencanaan volume ruang bakar ketel uap berdasarkan metode penentuan nilai kalor bahan bakar yang dipergunakan, FT-USU, Sumatera.
- Nailul Fauziah, 2009, Pembuatan arang aktif secara langsung dari kulit Acacia mangium wild dengan aktivasi fisika dan aplikasinya sebagai adsorben, IPB, Bogor.
- Suwarto, 2014, Pemanfaatan bottom ash limbah bahan bakar batu bara pada industri tekstil untuk beton massal, Jurusan teknik sipil, Politeknik Negeri Semarang.
- Titin, 2013, Proses pembuatan briket dari campuran serbuk gergaji kayu jati, daun bambu dan bonggol jagung,

## Lampiran 1 Personalia Peneliti

### a. Ketua

1. Nama Lengkap : Budi Gunawan, ST, MT
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Kudus, 13-02-1973
3. Pangkat/Gol/NIS : Penata TK-1/ III-D/0610701000001148
4. NIDN : 0613027301
5. Jabatan Fungsional : Lektor
6. Pangkat/Gol : Lektor Madya/III-D
6. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
7. Alamat Rumah : Pasuruhan lor 04/XI No. 2187 Kec. Jati Kudus
8. Nomor HP : 085740961734
9. Alamat Kantor : Fakultas Teknik UMK PO.BOX. 53 Gondang Manis BAE Kudus
10. Telepon/Faks : 0291- 438229/0291-437198
11. e-mail : budi.gunawan02@gmail.com

### II. Riwayat Pendidikan

Program	S1	S2	S3
Nama PT	Institut Sains & Tehnologi “AKPRIND” Yogyakarta	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya	-
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro	-
Tahun Masuk	1991	2007	-
Tahun Lulus	1996	2009	-

### III. Riwayat Penelitian

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Jt)
1	2004	Aplikasi Mikrokontroller 8031 Dengan Sistim Minimum Sebagai Sistem Kontrol	DIKTI Dosen Muda	10
2	2007	Penggunaan Software Aplikasi Komputasi Teknik Matlab Untuk Menyelesaian Permasalahan Teknik Elektronika	DIKTI Dosen Muda	10
3	2008	Pengontrolan PLC Omron CPM2A Dengan Menggunakan LCD Sebagai Kontrol Panel Bebas Mikrokontroler AT89S51	DIKTI Dosen Muda	10



4	2012	Penerapan Teknologi Otomatis pada Mesin Hot Press Partikel dan Mesin Miling Papan Pertikel Berbasis PLC (anggota)	DIKTI RAPID (tahun 1)	202
5	2012	Pendeteksian Formalin pada Bahan Pangan dengan Sensor Gas Berbasis Polimer Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (ketua)	DIKTI PEKERTI (tahun 1)	63
6	2013	Penerapan Teknologi Otomatis pada Mesin Hot Press Partikel dan Mesin Miling Papan Pertikel Berbasis PLC (anggota)	DIKTI RAPID (tahun 2)	200
7	2013	Pendeteksian Formalin pada Bahan Pangan dengan Sensor Gas Berbasis Polimer Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (ketua)	DIKTI PEKERTI (tahun 2)	60
8	2014	Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Serta Pengujiannya Untuk Pemakaian Pada Mesin Mobil Dalam Memenuhi Standart Emisi Euro (anggota)	DIKTI HIBAH BERSAING (tahun 1)	50
9	2014	Pemberdayaan Lahan Kritis di Kawasan Muria Dengan Sistem Agroforestri Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Berdasar Pemetaan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (anggota)	DIKTI PEKERTI (tahun 1)	65
10	2015	Karbonisasi Batu Bara Limbah P L T U Dengan Biomassa Cangkang Kopi Sebagai Bahan Bakar Briket Berkadar Sulfur Rendah (ketua)	DIKTI HIBAH BERSAING (tahun 1)	65

#### IV. Pengabdian pada Masyarakat

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jml ( Rp)
1	2013	I <sub>b</sub> M UKM Industri Paving Blok	DIKTI IbM	45
2	2014	IbM Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Bordir di Desa Pegunungan Kabupaten Kudus	DIKTI IbM	45

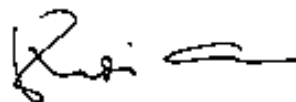
## V. Publikasi Ilmiah 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol/Nomor	Nama Jurnal
1	2010	Pengujian Karakteristik Resistansi Sensor Gas Dari Bahan Polimer	Vol 1, Juli 2010	<i>Proceeding of Conference On Information Technology And Electrical Engineering</i> , ISSN: 2085-6350 UGM
2	2010	Pembuatan dan Pengujian Karakteristik Resistansi Sensor Gas Dari Bahan Komposit Polimer-Karbon	Desember 2010	<i>Proceeding Seminar of Intelligent Technology and Its Application 2010</i> di ITS Surabaya
3	2011	Perancangan Pembuatan Programable Switching Power Supply Untuk Mengatur Kecepatan Motor DC	Vol. 4 No. 1 Juni 2011	Jurnal Sains dan Teknologi UMK, ISSN: 1979-6870
4	2012	Uji Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Nilai Resistansi Chemical Sensor Based Polymer Dengan Metode Pengujian Injeksi Dalam Chamber Terisolasi	Mei 2012	<i>Proceeding Electrical Power, Electronics, Communication, Control, and Informatics - EECCIS 2012</i> ISSN: 978-602-8692-27-4
5	2012	Characterization of Polymeric Chemiresistors for Gas Sensor	Vol.10, No.2, June 2012, pp. 275~280	TELKOMNIKA, e-ISSN: 2087-278X (p-ISSN: 1693-6930) accredited by DGHE (DIKTI), Decree No: 51/Dikti/Kep/2010
6	2013	Cluster Development Of Micro, Small And Medium Enterprises (MSME) Embroidery Using Diamond Cluster Model In Padurenan Village Kudus Central Java As Pilot Project In Rural Productive Economy	Vol.4, Number 6, November 2013	Academic Research International, ISSN : 2223-9553, SAVAP Lodhran City - 59320, Pakistan.
7	2013	Pendeteksian Formalin Pada Bahan Pangan Dengan Sensor Gas Berbasis Polimer Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan	19 Juni 2013	Seminar Nasional Sains Teknologi 4 UNWAHAS

8	2015	Pengujian Nilai Kalor Dan Kadar Air Terhadap Biobriket Sebagai Bahan Bakar Padat Yang Terbuat Dari Bottom Ash Limbah Pltu Dengan Biomassa Tempurung Kelapa Melalui Proses Karbonisasi	10 Juni 2015	Seminar Nasional Sains dan Teknologi Ke-6 di UNWAHAS Universitas Wahid Hasyim Semarang
---	------	---	--------------	--

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Ketua,



Budi Gunawan, ST, MT

## b. Anggota

1. Nama Lengkap : Sugeng Slamet, ST.,MT
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Kudus, 22 Juni 1971
3. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
4. NIS/NIDN : 0610701000001136/ 0622067101
5. Alamat Rumah : Jl. Patimura Loram Wetan RT 6/II Kudus
6. Nomor Telepon : (0291) 434224
7. Nomor HP : 081 325524010
8. Alamat Kantor : Jl. Gondang manis PO. Box 53 Bae, Kudus
9. Nomor Telepon : (0291) 443844
10. Alamat email : Sugeng\_hanun@yahoo.co.id

## B. Riwayat Pendidikan

Program	S1	S2	S3
Nama PT	Univ. Muhammadiyah Malang	Universitas Gadjah Mada	-
Bidang Ilmu	Teknik Mesin	Teknik Mesin	-
Tahun Masuk - lulus	1990 -1995	2005 - 2007	-

## C. Penelitian Selain Skripsi dan Tesis

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (juta)
1.	2009	Pengaruh model cawan tuang dan saluran turun pada cetakan pasir proses pengecoran logam	Kopertis VI Jateng	6,0
2.	2010	Komposit partikel campuran serbuk gergaji kayu ( <i>sawdust</i> ) dengan resin urea formaldehid sebagai bahan utama box speaker	APBU UMK	6,0
3	2012	Peningkatan sifat mekanis propeller kapal nelayan melalui proses pembekuan searah (anggota)	DIKTI Hibah Bersaing (tahun1)	45,0
4	2012	Penerapan Teknologi Otomatisasi Pada Mesin Hot Press Partikel Dan Mesin Milling Papan Partikel Berbasis P L C Pada Perusahaan Speaker Aktif Cv. Arofah Kudus (ketua)	DIKTI RAPID (Tahun 1)	200,0

5.	2013	Peningkatan sifat mekanis propeller kapal nelayan melalui proses pembekuan searah (anggota)	DIKTI Hibah Bersaing (tahun 2)	48,0
6.	2013	Penerapan Teknologi Otomatisasi Pada Mesin Hot Press Partikel Dan Mesin Milling Papan Partikel Berbasis PLC Pada Perusahaan Speaker Aktif Cv. Arofah Kudus (ketua)	DIKTI RAPID (Tahun 2)	202,5
7.	2014	Komposit serat alam enceng gondok dengan matrik epoksi sebagai bahan alternatif untuk produk helm.	APBU-UMK	6,0
8.	2015	Unjuk kerja pirolisator sebagai alat penghasil asap cair menggunakan biomassa sebagai bahan pengawet	APBU-UMK	6,0
9	2015	Karbonisasi Batu Bara Limbah PLTU Dengan Biomassa Cangkang Kopi Sebagai Bahan Bakar Briket Berkadar Sulfur Rendah (anggota)	DIKTI HIBAH BERSAING (tahun 1)	65

#### D. Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (juta)
1	2010	I <sub>b</sub> M meningkatkan kualitas produk cor melalui penerapan model cawan dan saluran turun	IbM Dikti	43,0
2	2011	I <sub>b</sub> M Industri Menengah Kecil Pembuatan Box Speaker Dari Papan Partikel	IbM Dikti	45,0
3	2011	Pemanfaatan kotoran ternak sebagai bahan bakar biogas bagi keperluan rumah tangga	APBU UMK	2,5
4	2012	Upaya meningkatkan produk logam industri pande besi melalui proses heat treatment	APBU UMK	2,5
5	2014	I <sub>b</sub> M pengolahan limbah pertanian tongkol jagung menjadi pakan ternak mengatasi musim paceklik pakan.	IbM Dikti	48,0
6.	2014	Pengembangan UMKM produk cor di Kecamatan Juwana-Pati	Hi-link Dikti ( Tahun 1)	140,0
7.	2015	Pengembangan UMKM produk cor di Kecamatan Juwana-Pati	Hi-link Dikti ( Tahun 2)	187,5

### E. Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal

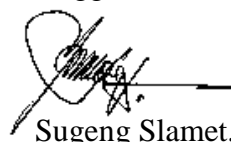
No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol/Nomor	Nama Jurnal
1	2009	The effect of Cu Concentration On Unidirectional Solidification Process For Micro Structure Of Al-Cu Alloy	Vol 2 Nomer 2 Juni 2009	Sains dan Teknologi Univ. Muria Kudus
2	2010	Pengaruh Konsentrasi Cu Pada Proses pembekuan searah terhadap sifat mekanis paduan Al-Cu	Vol 3 Nomer 1 Juni 2010	Sains dan Teknologi Univ. Muria Kudus
3	2014	Teknologi pengolahan limbah tongkol jagung sebagai pakan ternak	Volume 3, Nomor 2, Oktober 2014	Dian mas – Polines Semarang
4	2014	Teknologi tepat guna untuk meningkatkan produktifitas UMKM cor di Kecamatan Juwana-Pati	Volume 3, Nomor 2, Oktober 2014	Dian mas – Polines Semarang
4	2015	Limbah biomassa sebagai bahan baku asap cair dengan teknologi pirolisis	Vol 3 Nomor 1, April 2015.	Simetri Fakultas Teknik-UMK

### F. Pemakalah Seminar Ilmiah ( *Oral Presentation* ).

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan tempat
1	2010	Pengaruh model saluran tuang pada cetakan pasir terhadap hasil coran logam.	Juni 2010, Unwahas
2	2012	Pengaruh Konsentrasi Cu Pada Proses pembekuan searah terhadap sifat mekanis paduan Al-Cu	Juni 2012, Usakti, Jakarta
3	2012	Komposit partikel serbuk gergaji kayu dengan resin urea formaldehid sebagai bahan baku utama box speaker	Juni, 2012, UK.Petra, Sby.
4	2013	Karakterisasi komposit dari serbuk gergaji kayu (sawdust) dengan proses hotpress sebagai bahan baku papan partikel	Jun 201, SNST 4- Unwahas
5	2014	Pemanfaatan bottom ash limbah PLTU melalui proses daur ulang dan karbonisasi dengan biomassa sebagai bahan bakar padat/biobriket.	21 Nov, Perhepi, Unsoed.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Anggota,



Sugeng Slamet, ST, MT

## PERBANDINGAN NILAI KALOR BIOBRIKET YANG TERBUAT DARI BOTTOM ASH LIMBAH PLTU DAN BIOMASSA CANGKANG KOPI DENGAN VARIASI KOMPOSISI DAN JENIS PENGIKAT YANG BERBEDA

**Budi Gunawan<sup>1\*</sup>, Sugeng Slamet<sup>2</sup>, Ahmad Syahroni<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus  
PO.BOX.53 Gondang Manis Bae Kudus

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat biobriket dari bahan bottom ash limbah PLTU dengan biomassa cangkang kopi dengan zat pengikat tetes tebu serta menguji nilai kalor yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah; pembuatan biobriket dengan memvariasi komposisi antara bottom ash dengan biomasanya serta zat pengikat yang berdeda. Variasi komposisi antara biomassa cangkang kopi dengan bootom ash yang digunakan adalah 60%:40% dan 70%:30%, sedangkan bahan perekatnya menggunakan tetes tebu dan tepung kanji. Pengujian yang dilakukan adalah menguji nilai kalor dari biobriket yang dihasilkan menggunakan alat uji calloriboom. Dari hasil pengujian didapatkan biobriket dengan komposisi 70% biomassa cangkang kopi dan 30% bottom ash dengan pengikat tetes tebu mempunyai nilai kalor yang paling tinggi dibandingkan dengan komposisi dan pengikat yang lain dengan nilai kalor yang dihasilkan yaitu 2496,18 kal/gr. Nilai kalor ini dipengaruhi oleh kandungan karbon aktif yang terdapat pada arang cangkang kopi dan besar kecilnya kandungan carbon, oxygen dan ash yang dimiliki, semakin tinggi kandungan carbon dan oxygen maka makin tinggi pula nilai kalor yang didapat Kandungan kalor yang terdapat pada jenis perekat tetes tebu lebih tinggi dari pada tepung kanji

Kata kunci: bottom ash, biomassa, cangkang kopi, kalor

### Abstract

The aim of this study is to make biobriket of bottom ash material waste biomass power plant with shell coffee with binder; molasses and starch as well as test the value of the heat produced. The background of this research is based on the abundance of biomass potential in Indonesia that could be used as a source of energy, one of which is the shell of coffee. Coffee shells agricultural waste utilization is not optimal. Coffee shells can be optimized use was as an ingredient biobriket the carbonization process. In addition, to take advantage of residual waste incineration plant that bottom ash that still leaves a calorific value that can be utilized. This utilization has three advantages, namely; first; energy efficiency, because the content of the energy contained in waste is quite large and would be wasted if not utilized, second; cost savings, because the waste can be more expensive than the use and third; reduce landfill, because the supply dump. The method used in this study are; biobriket manufacture by varying the composition of bottom ash with biomass and binder berdeda. Biomass composition variation between the shell coffee with bootom ash used is 60%: 40% and 70%: 30%, whereas the adhesive material using molasses and starch. This experiment is testing the calorific value of biobriket generated using test equipment calloriboom. From the test results obtained biobriket with a composition of 70% biomass and 30% coffee shell bottom ash with a binder molasses has the highest calorific value compared with other binder composition and calorific value generated is 2496.18 cal / g. The calorific value is influenced by the content of activated carbon contained in charcoal shell of coffee and the size of the content of carbon, oxygen and ash have, the higher the content of carbon and oxygen, the higher the calorific value obtained. Increased calorific values between the adhesive molasses and starch can be concluded that the heat content contained on the type of adhesive molasses is higher than the starch.

**Keywords:** bottom ash, biomass, coffee shells, calor

## 1. Pendahuluan

Salah satu penciptaan bahan bakar alternatif melalui program konversi energi yang perlu diupayakan adalah dengan memanfaatkan potensi lokal. Di Kudus ada sebuah pabrik besar yaitu PT. Pura Barutama yang mempunyai unit pembangkit mandiri. Pembangkit PT Pura ini menggunakan PLTU yang dalam proses pembakaran batu baranya banyak menyisakan limbah bottom ash yang sementara ini belum dimanfaatkan dengan baik bahkan justru menjadi pencemar lingkungan. PLTU PT. Pura Barutama itu bakal menyedot batubara 350 ton/hari, yang tentunya akan banyak menghasilkan limbah bottom ash. ("Harian Umum Suara Merdeka," n.d.). Di satu sisi di daerah pegunungan Muria yang berlokasi di selatan kota Kudus merupakan daerah yang banyak menghasilkan kopi. Kopi ini juga mempunyai limbah yaitu cangkangnya yang juga sementara ini belum dimanfaatkan dengan baik. Untuk mengatasi permasalahan limbah dari PLTU dan cangkang kopi ini akan dicoba untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternative yang berupa biobriket.

Penelitian yang pernah dilakukan tentang biobriket adalah pengujian laju pembakaran briobriket yang dibuat dari komposisi sabut kelapa dan batubara. Pada penelitian tersebut secara umum disebutkan bahwa laju pembakaran paling cepat diperoleh dari biobriket dengan komposisi komposisi 90% sabut kelapa : 10 % batubara. (Sulistyanto, 2006). Hal ini disebabkan, semakin banyak kandungan volatile matter suatu biobriket maka semakin dipengaruhi oleh kandungan volatile matter yang terdapat pada biobriket. Penambahan biomass juga dapat menurunkan emisi polutan yang dihasilkan pada saat pembakaran. (Sulistyanto, 2006). Penelitian yang lain tentang biobriket dilakukan oleh Tri Wijayanti yang telah menguji nilai kalor dari biobriket yang terbuat dari limbah kacang tanah dan kacang mete dengan memvariasi komposisi antara limbah kacang tanah dan limbah kacang mete. Hasil yang terbaik biobriket berbahan campuran limbah kacang tanah dan limbah kacang mete adalah campuran 15 gram arang kulit kacang tanah dan 75 gram arang kulit kacang mete dengan penambahan 30 gram tetes tebu yang menghasilkan nilai kalor sebesar 6551,34 kal/gram. (Wijayanti et al., 2012).

Diantara faktor yang menentukan karakteristik pembakaran suatu briket adalah nilai kalor (Jamilatun, 2012). Dari beberapa referensi penelitian yang telah dilakukan, belum ada yang mencoba membuat dan

menguji biobriket yang dibuat dari limbah PLTU berupa bottom ash dengan biomassa cangkang kopi. Melihat potensi local yang ada, khususnya kopi di Kabupaten Kudus yang mempunyai luas perkebunan kopi seluas 488,83 Ha dengan jumlah produksi sebesar 1.161.192 kg ("Potensi Daerah," n.d.), kabupaten Kudus mempunyai potensi bahan untuk produksi biobriket dari limbah PLTU dan cangkang kopi.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat biobriket dengan memanfaatkan limbah PLTU PT. Pura Barutama yang berupa bottom ash dan potensi lokal yang berupa limbah cangkang kopi dengan beberapa komposisi dan variasi zat pengikat untuk diketahui komposisi mana dan memakai zat pengikat apa yang menghasilkan nilai kalor paling besar.

## 2. Metodologi

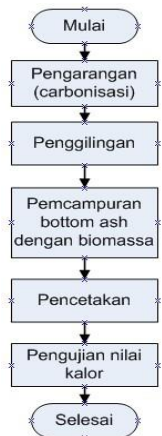
Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muria Kudus dan Laboratorium Thermofluida Universitas Diponegoro, Semarang. Metode penelitian adalah eksperimen dengan membuat biobriket dari limbah PLTU yang berupa bottom ash yang diperoleh dari PLTU PT. Pura Barutama dan biomassa cangkang kopi yang diperoleh dari pegunungan Muria. Variabel pengujian meliputi; perbandingan komposisi biomassa dengan bottom ash dan jenis zat pengikat sebagai variable bebasnya dan nilai kalor dari biobriket yang dihasilkan sebagai variable terikatnya. Data yang digunakan adalah data primer dari hasil pengukuran nilai kalornya menggunakan alat calorimeter. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dan akan diambil data rata-ratanya. Perbandingan komposisi yang digunakan ada dua yaitu; 60% biomassa dan 40% bottom ash dan 70% biomassa dan 30% bottom ash. Sedangkan jenis pengikat yang digunakan adalah; tetes tebu dan tepung kanji. Tahapan kegiatan digambarkan pada diagram alur berikut; meliputi;

---

\*) Penulis Korespondensi.

Email: budi.gunawan@umk.ac.id





**Gambar 1** Tahapan kegiatan

Proses pengujian nilai kalor yang dilakukan sebagai berikut;

Biobriket sebanyak 1 gram diuntuk digunakan sebagai sampel pengujian, dan dimasukkan kedalam



**Gambar 2** sampel biobriket yang akan diuji nilai kalor

Di dalam combustion capsule dipasang kawat sepanjang 10 cm kedalam sampai mengenai serbuk yang akan diuji tanpa mengenai tempat serbuk



**Gambar 3** memasang kawat

Kawat yang sudah dimasukkan kedalam combustion capsule kemudian dicek menggunakan ampere meter untuk memastikan kawat tersambung antara positif dan negatif. Apabila jarum amper meter tidak bergerak berarti kawat putus atau tidak tersambung



**Gambar 4** mengecek menggunakan ampere meter  
Mengisi oksigen kedalam combustion capsule untuk membantu proses pembakaran



**Gambar 5** mengisi oksigen

Mengisi oval bucket dengan 2 liter air dan memasukkan combustion capsule kedalam oval bucket yang telah terisi air



**Gambar 6** mengisi air di oval bucket

Oval bucket yang sudah terisi air dimasukkan kedalam bomb calorimeter lalu ditutup dan ditunggu sekitar 4 menit hingga suhu yang ada di oval bucket dengan suhu di water jaket mencapai suhu sama



**Gambar 7** memasukkan oval bucket dan tabung reaktor

Setelah suhu sama mesin akan secara otomatis mencatat dengan di print out nilai kalor yang terdapat pada bahan dan tertera di layar



**Gambar 8** monitor yang menampilkan hasil pengujian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah diuji menggunakan alat kalori boom dengan pengujian sebanyak 5 kali dan diambil nilai kalor rata-ratanya, didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Table 1.

**Tabel 1.** Pengujian nilai kalor biobriket

Komposisi biobriket biomassa - battom ash		Pengikat	Rata-rata nilai kalor (kal/gr)
60%	40%	Tepung kanji	1666,33
70%	30%	Tetes tebu	2243,50
60%	40%	Tetes tebu	1928,68
70%	30%		2498,27

Berdasarkan tabel pengujian nilai kalor diatas dapat di ketahui bahwa rata-rata nilai kalor tertinggi didapat dari rasio perbandingan 70% cangkang kopi dan 30% bottom ash dengan pengikat tetes tebu, yang mempunyai nilai kalor sebesar 2498,27 kal/gr di bandingkan dengan rasio perbandingan 60% cangkang kopi dan 40% bottom ash yang mempunyai nilai kalor sebesar 1928,68 kal/gr. Nilai kalor dari perbandingan 60:40 ke 70:30 mengalami kenaikan sebesar 22,8%. Hal ini dapat terjadi karena biomassa yang terkandung dalam rasio perbandingan 70% : 30% lebih banyak sehingga dapat meningkatkan nilai kalor dari briket tersebut. Kandungan kalor bahan perekat menunjukkan bahwa bahan perekat tetes tebu memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibanding dengan kanji. (Ismayana et al., 2012)

### 4. Kesimpulan

1. Kenaikan nilai kalor cangkang kopi dipengaruhi oleh kandungan karbon aktif yang terdapat pada arang cangkang kopi. Selain hal tersebut, faktor lain yang mempengaruhi besar kecilnya nilai kalor adalah kandungan carbon, oxygen dan ash yang dimiliki. Semakin tinggi kandungan carbon

dan oxygen maka makin tinggi pula nilai kalor yang didapat.

2. Terjadi peningkatan nilai kalor antara biobriket dengan perekat tetes tebu dan briket dengan perekat tepung kanji, baik dalam komposisi 70%-30% maupun 60%-40%. Peningkatan nilai kalor antara perekat tetes tebu dan tepung kanji tersebut disebabkan oleh kandungan kalor yang terdapat pada jenis perekat.
3. Jenis bahan pengikat mempunyai pengaruh terhadap nilai kalor yang dimiliki oleh briket, dalam pengujian ini bBahan dengan perekat tetes tebu mempunyai nilai kalor yang lebih besar dari pada bahan dengan perekat tepung kanji.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada; DP2M DIKTI yang telah memberi pendanaan pada penelitian ini dalam skim Hibah Bersaing tahun 2015 dengan nomor kontrak 008/K6/KM/SP2H/PenelitianBatch-1/2015. Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muria Kudus dan Laboratorium Thermofluida Universitas Diponegoro yang telah memberi fasilitas kegiatan penelitian ini

### Daftar Pustaka

- Harian Umum Suara Merdeka [WWW Document], n.d. URL <http://www.suaramerdeka.com/harian/0312/24/dar21.htm> (accessed 9.12.15).
- Ismayana, A., Indrasti, N.S., Suprihatin, A.M., TIP, A.F., others, 2012. Faktor rasio c/n awal dan laju aerasi pada proses co-composting bagasse dan blotong. *J. Teknol. Ind. Pertan.* 22.
- Jamilatun, S., 2012. Sifat-Sifat penyalaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *J. Rekayasa Proses* 2, 37–40.
- Potensi Daerah, n.d. . Kabupaten Kudus.
- Sulistyanto, A., 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa.
- Wijayanti, T., Susila, I.W., others, 2012. Pembuatan Biobriket dari Campuran Limbah Kacang Tanah dan Limbah Kacang Mete Menggunakan Perekat Tetes Tebu. *J. Pendidik. Tek. Mesin* 1

ISSN 0852-1697

# TEKNIK

MEDIA KOMUNIKASI ILMU DAN PROFESI BIDANG KEREKAYASAAN  
Available online at: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

USER: You are logged in as... **budi02\_unk**  
[My Journals](#)  
[My Profile](#)  
[Log Out](#)

NOTIFICATIONS  
[View](#)  
[Manage](#)

JOURNAL CONTENT  
 Search:   
 All   
 Browse:  
[By Issue](#)  
[By Author](#)  
[By Title](#)  
[Other Journals](#)

INFORMATION

HOME ABOUT USER HOME SEARCH CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS AIMS AND SCOPE EDITORIAL BOARD AUTHOR GUIDELINES PUBLICATION ETHICS INDEXING & ABSTRACTING GOOGLE SCHOLAR PROFILE

Home > User > Author > Submissions > **New Submission**

## Step 5. Confirming the Submission

1. START 2. UPLOAD SUBMISSION 3. ENTER METADATA 4. UPLOAD SUPPLEMENTARY FILES 5. **CONFIRMATION**

To submit your manuscript to Teknik click Finish Submission. The submission's principal contact will receive an acknowledgement by email and will be able to view the submission's progress through the editorial process by logging in to the journal web site. Thank you for your interest in publishing with Teknik.

### File Summary

ID	ORIGINAL FILE NAME	TYPE	FILE SIZE	DATE UPLOADED
19370	<a href="#">MAKALAH JURNAL NASIONAL TEKNIK UNDP - BUDI GUNAWAN UMK_V.2.DOC</a>	Submission File	708KB	24-06-2015

TEKNIK (ISSN: 1978-1697), is published by Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jln. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275; Telp. (024)7460056, Fax: (024)7460055  
 E-mail: [jteknik@live.undip.ac.id](mailto:jteknik@live.undip.ac.id)

### Catatan Review:

Subject: [TEKNIK] Jurnal TEKNIK: Editor Decision (Revision Required)

Nama Jurnal: Teknik

Judul Artikel: PERBANDINGAN NILAI KALOR BIOBRIKET YANG TERBUAT DARI BOTTOM ASH LIMBAH PLTU DAN BIOMASSA CANGKANG KOPI DENGAN VARIASI KOMPOSISI DAN JENIS PENGIKAT YANG BERBEDA

Kepada Yth. Bpk Budi Gunawan,

Reviewer telah memeriksa dan memberikan komentar terhadap artikel Saudara. Saudara dapat melihat bahwa Reviewer menyarankan Penulis untuk merevisi artikelnya. Silakan melakukan revisi terhadap artikel Saudara dan silakan upload kembali file-file Revisi Manuskrip.

Untuk mengupload revisinya, silakan submit revisi secara online di <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik> setelah Saudara login sebagai Author (Penulis).

Dokumen revisi manuskrip terdiri dari:

- File Manuskrip/Artikel yang sudah direvisi dalam MS Word
- Jawaban-jawaban atas komentar dari Reviewer dalam file terpisah, jelaskan juga letaknya dimana perbaikannya (halaman, kolom, baris).

Untuk mengunggah document revise tersebut, silakan login sebagai Author, klik "Active" dan klik di judul manuskrip. Pada header "#xxxx Summary" terdapat taskbar "Summary", "Review", "Editing", maka klik di "Review". Pada bagian "Editor Decision", silakan upload kedua file tersebut di bagian "Upload Author Version" dengan cara klik Browse File, kemudian klik di "Upload".

Terima kasih atas submitnya ke jurnal Teknik.

Salam,

---

Dr. Ir. Sri Tadjono (Editor-in-Chief)

Jurnal TEKNIK

Website: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

Online Submission: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

Email: [tudjono@gmail.com](mailto:tudjono@gmail.com) ; [jteknik@live.undip.ac.id](mailto:jteknik@live.undip.ac.id)

{ \$comments }

---

TEKNIK

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

<http://jteknik.undip.ac.id>

**Foto dokumentasi kegiatan**



Foto 1. Unit Power Plant PT. Pura Barutama Kudus



Foto 2. Bottom ash





Foto 3. Biomassa cangkang kopi



Foto 4. Penggilingan biomassa dengan alat penggiling



Foto 5. Biobriket yang dihasilkan



**UNIVERSITAS MURIA KUDUS**  
**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS MURIA KUDUS**

Gondangmanis, Bae PO. BOX 53 Telp: 0291 438229 Fax: 0291 437198

Situs: <http://www.umk.ac.id> E-mail: [muria@umk.ac.id](mailto:muria@umk.ac.id)

KUDUS 59352

**BERITA ACARA**  
**SERAH TERIMA LAPORAN AKHIR PENELITIAN**  
**HIBAH BERSAING TAHUN 2015**

Pada hari ini, Kamis tanggal dua puluh dua bulan sepuluh tahun dua ribu lima belas kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Dr. Mamik Indaryani, Dra. MS  
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian UMK

yang selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA.**

2. Nama : Budi Gunawan, ST, MT  
Judul Penelitian : Karbonisasi Batu Bara Limbah PLTU Dengan Biomassa Cangkang Kopin Sebagai Bahan Bakar Briket Berkadar Sulfur Rendah  
No. Kontrak : 008/K6/KM/SP2H/Penelitian Batch-1/2015

yang selanjutnya disebut sebagai **PIHAK KEDUA.**

Pihak kedua telah menyerahkan **Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing tahun 2015** kepada pihak pertama sebanyak 1 eksemplar.

Demikian berita acara ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

**PIHAK PERTAMA**  
Ketua Lembaga Penelitian



Dr. Mamik Indaryani, Dra. MS  
NIS. 0610702010101010

**PIHAK KEDUA**  
Ketua Peneliti

Budi Gunawan, ST, MT  
NIS. 0610701000001148





**UNIVERSITAS MURIA KUDUS**  
**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS MURIA KUDUS**

Gondangmanis, Bae PO. BOX 53 Telp: 0291 438229 Fax: 0291 437198

Situs: <http://www.umk.ac.id> E-mail: [muria@umk.ac.id](mailto:muria@umk.ac.id)

KUDUS 59352

## SURAT PERNYATAAN

Ketua Lembaga Penelitian Universitas Muria Kudus, dengan ini menyatakan bahwa hari ini, Kamis, 22 Oktober 2015 telah menerima Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing dan berita acara serah terima Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2015 dari Ketua Pelaksana Penelitian:

Nama : Budi Gunawan, ST.,MT  
Judul : Karbonisasi Batu Bara Limbah PLTU Dengan Biomassa Cangkang Kopin Sebagai Bahan Bakar Briket Berkadar Sulfur Rendah

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan dapat dipertanggungjawabkan.



Kudus, 22 Oktober 2015  
Ketua Lembaga Penelitian

Dr. Mamik Indaryani, Dra. MS

NIS. 0610702010101010