

# Studi Eksperimen Konversi Biomassa menjadi *SynGas* Pada Reaktor Bubbling Fluidized Bed Gasifier

Nur Aklis<sup>1</sup>, M.Akbar Riyadi<sup>2</sup>, Ganet Rosyadi<sup>3</sup>, Wahyu Tri Cahyanto<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta<sup>1,2,3,4</sup>

Jl. A.Yani Tromol Pos 1 Pabelan surakarta

Nur.Aklis@ums.ac.id

## Abstrak

Indonesia memiliki potensi biomassa yang sangat besar yang diantaranya adalah biomassa limbah seperti sekam padi dan serbuk gergaji kayu. Saat ini pemanfaatan kedua bahan bakat tersebut belum maksimal sehingga diperlukan teknologi untuk mengkonversi bahan bakar menjadi bahan bakar alternatif yang kan menggantikan bahan bakar fosil. Salah satu alternatif konversi biomassa adalah mengkonversi biomassa yang berupa padatan menjadi gas dalam suatu reaktor gasifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja reaktor bubbling fluidized bed gasifier dengan bahan bakar sekam padi, dan campuran sekam padi dan serbuk gergaji kayu sengon dan campuran sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati. Penelitian menggunakan reaktor diameter 464,38 mm dan tinggi 1368,5 mm dan distributor udara jenis nosel. Sebagai bed digunakan material pasir silika dengan diameter rata-rata 363  $\mu\text{m}$  dan model reaktor tidak kontinu dimana untuk sekali proses bahan bakar yang digunakan sebesar 5 kg dengan massa pasir 10 kg. Kecepatan udara kereaktor sebesar 4 m/s. Gas hasil gasifikasi digunakan untuk menyalakan kompor dengan sebelumnya di filter dengan air. Kinerja reaktor diukur dari temperatur di reaktor dan karakteristik api pembakaran dikompor. Hasil penelitian menunjukkan jenis bahan bakar berpengaruh terhadap temperatur pembakaran, waktu lama pendidihan air dan nyala efektif. Temperatur api tertinggi pada percobaan ini yaitu pada serbuk kayu jati campuran sekam padi sebesar 337°C. Waktu pendidihan air tercepat bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu sengon campuran sekam padi dengan waktu 22 menit. Bahan bakar sekam padi memiliki nyala efektif selama 90 menit sedangkan bahan bakar serbuk kayu jati campuran sekam padi memiliki nyala efektif 88 menit dan serbuk kayu sengon campuran sekam padi memiliki lama nyala efektif 68 menit. Hasil perhitungan efisiensi thermal bahan bakar sekam padi menunjukkan angka yang paling besar yaitu 11,4 %, disusul susul campuran sekam padi dan serbuk gergaji sengon sebesar 7,79 % dan bahan bakar sekam padi sekam padi serbuk gergaji kayu jati sebesar 5,72 %.

**Kata kunci :** Bubbling Fluidized Bed Gasifier, Sekam Padi, Serbuk Gergaji, Sengon, Jati

## 1. Pendahuluan

Biomassa merupakan bahan organik yang didapatkan melalui proses fotosintetik pada tumbuhan baik berupa produk maupun buangan. Meliputi tanaman, pepohonan, rumput, limbah pertanian dan kotoran ternak. Energi biomassa merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga mampu menyediakan sumber energi secara berkelanjutan. Karena wilayah Indonesia sebagian adalah lahan pertanian, potensi Indonesia biomassa yang sangat besar. Salah satu jenis biomassa yang banyak ditemui sekam padi dan serbuk gergaji yang secara umum pemanfaatannya belum maksimal. Untuk mengkonversi biomassa menjadi energi yang lebih bisa terpakai dapat dilakukan dengan proses *thermochemical conversion*, *Biochemical conversion* dan

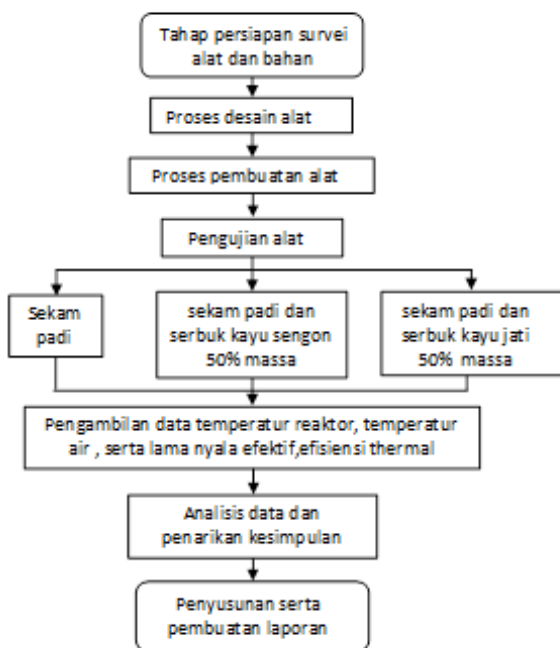
*extarction* (Siedlecki et.al:2011) Pada proses *thermochemical conversion* biomassa yang berupa padatan diubah menjadi bahan bakar dalam bentuk gas, cair dan tetap padat tetapi dengan unsur karbon yang lebih dominan. Gasifikasi adalah salah satu contoh proses *thermochemical conversion* yang mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas dalam suatu reaktor pembakaran dengan jumlah oksidan yang kurang dari kebutuhan. Untuk meningkatkan efektifitas proses yang mengalami percampuran antar zat sebagaimana yang terjadi pada proses reaksi kimia dilakukan dengan proses fluidisasi. Fluidisasi merupakan proses dimana benda partikel padatan diubah menjadi fase yang berkelakuan seperti fluida cair melalui kontak dengan gas atau. Fenomena ini terjadi pada media yang disebut dengan *fluidized bed*. *fluidized bed* merupakan suatu bejana yang berisi

partikel padat yang dialiri fluida dari bawah bejana. Proses fluidisasi terjadi ketika gaya *drag* dari partikel sebagai akibat dari aliran fluida yang mengalir keatas melebihi gaya gravitasi dan gaya antar partikel cairan (Kunni dan Levenspiel 1969).

Metode gasifikasi menggunakan *fluidized bed* dinilai lebih menguntungkan serta gas hasil pembakaran lebih bersih dibanding dengan pembakaran secara langsung. Namun demikian, teknologi gasifikasi masih perlu dikembangkan mengingat masih rendahnya efisiensi gasifikasi (Syamsudin dkk). Paper ini akan mengkaji bagaimana kerja *fluidized bed gasifier* dengan jenis bahan bakar yang berbeda dengan fokus pembahasan pada temperatur reaktor, waktu nyala efektif produk gas., efisiensi thermal kalor pembakaran.

## 2. Metode

### 2.1 Cara Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian. Secara umum proses penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut;

#### 1. Persiapan survei alat dan bahan

Dilakukan dengan mencari informasi dari penelitian sebelumnya, baik berupa buku, jurnal, sumber internet dan sumber lainnya yang mendukung dalam

perancangan sistem sesuai dengan landasan teori.

#### 2. Perencanaan desain alat

Dalam tahapan perencanaan desain alat ini dilakukan.

#### 3. Pembuatan alat

Pembuatan reaktor dikerjakan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

#### 4. Pengujian reaktor *fluidized bed*

Pengujian reaktor *fluidized bed* ini dilakukan setelah selesai dibuat dan dioperasikan dengan variasi bahan bakar dengan kecepatan udara 4 m/s..

#### 5. Pengambilan data

Proses dimana saat pengujian reaktor *fluidized bed* dari awal sampai akhir pengoperasian pengujian reaktor *fluidized bed* yang meliputi sebagai berikut temperatur pasir silika, reaktor temperatur air, lama nyala efektif, pengurangan volume air

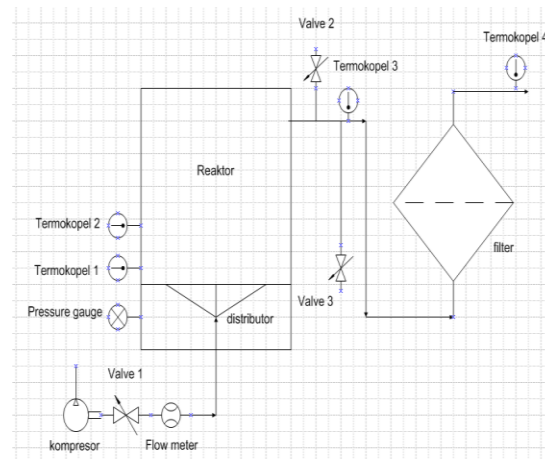
#### 6. Analisis data dan penarikan kesimpulan

a. Analisa data perbedaan temperatur pasir silika dan suhu reaktor terhadap waktu pada semua jenis bahan bakar saat melakukan pengujian.

b. Analisa data lama nyala efektif api pada semua jenis bahan bakar terhadap waktu pada percobaan *fluidized bed gasifier*.

c. Analisa data pada titik didih air dan efisiensi thermal

### 2.2 Instalasi Pengujian



Gambar 2. Instalasi Pengujian

Gambar 2 menunjukkan instalasi pengujian yang digunakan. Pengujian yang dilakukan menggunakan komponen utama reaktor dengan spesifikasi

Tinggi reaktor	: 1368,5 mm
Massa kosong	: 80 kg
Tinggi ruang bakar	: 898.50mm
Tinggi kaki-kaki reaktor	: 674.67 mm
Diameter reaktor	: 464.38 mm

Diameter lubang gas keluar : 50 mm  
 Reaktor dilengkapi dengan plenum dan distributor udara jenis nosel sebagaimana dalam gambar 3



Gambar 3. Distributor dan Plenum  
 Instalasi tersebut terdiri dari beberapa alat yaitu

- a. Kompresor
- b. Katup pengatur udara
- c. Flow meter
- d. Pressure gauge
- e. Termokopel
- f. Filter
- g. Kompor Penguji Hasil Gas

Detail alat dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Detail Alat Uji

### 2.3 Metode dan Langkah Pengambilan Data

Metode pengujian yang dilakukan adalah pengujian secara eksperimen dengan membandingkan kinerja reaktor dengan bahan bakar yang berbeda. Bahan bakar yang digunakan ada 3 macam yaitu

- a. Sekam padi
- b. Campuran sekam padi dan serbuk gergaji kayu sengon dengan komposisi 50 % :50 %
- c. Campuran sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati dengan komposisi 50 % :50%

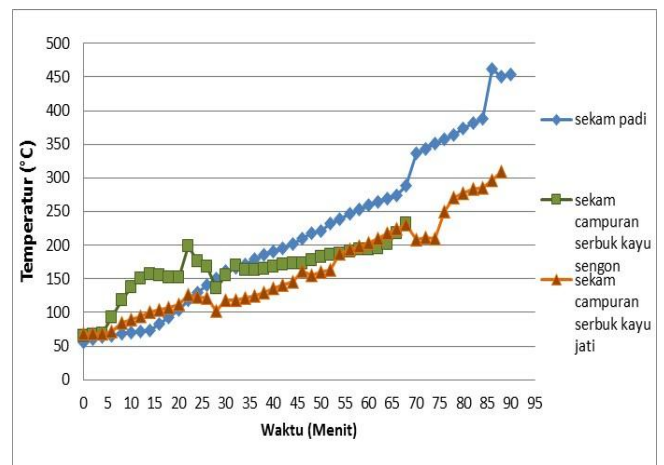
Langkah Pengambilan data dilakukan sebagai berikut:

1. Periksa kelengkapan alat dan bahan yang akan digunakan.

2. Menakar kebutuhan bahan bakar penelitian 5 kg untuk sekam padi. Sedangkan untuk penelitian berikutnya serbuk gergaji kayu sengon campuran sekam padi 50% massa bahan bakar dan serbuk gergaji kayu jati campuran sekam padi 50% massa bahan bakar.
3. Memasang 2 titik termokopel reader pada dinding reaktor gasifier.
4. Memasukkan pasir silika ukuran *mesh* 40 sebanyak 10 kg. Sebagai *bed* untuk pemerataan panas dan terjadinya fluidisasi.
5. Membuat api untuk menaikkan temperatur pasir silika pada temperatur 27 °C - 65 °C apabila suhu pasir dalam reaktor terpenuhi untuk proses pembakaran langkah selanjutnya masukkan bahan bakar.
6. Menghidupkan kompresor sebagai media penggasifikasi dengan mengatur kecepatan awal 1 m/s dan maksimum sebesar 4 m/s.
7. Tutup rapat tabung reaktor gasifier kemudian membuka kran/valve untuk mengurangi tekanan didalam reaktor.
8. Mencatat waktu ketika bahan bakar dimasukkan kedalam reaktor sampai gas yang dihasilkan tidak dapat dinyalakan.
9. Mengambil data kenaikan temperatur pada reaktor, temperatur gas, titik api, lama nyala efektif, dan distribusi temperatur air setiap 2 menit.
10. Mendidihkan air sebanyak 2 liter.
11. Melakukan langkah yang sama untuk dengan bahan bakar berbeda.

### 3. Hasil dan Pembahasan

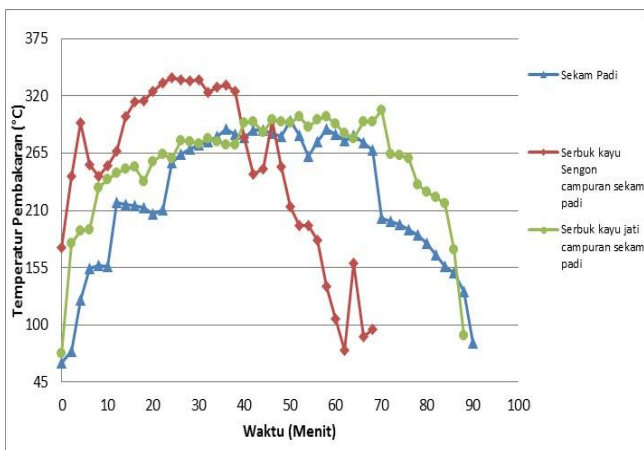
#### 3.1 Karakteristik Temperatur Reaktor



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur reaktor dengan waktu pada tiga jenis bahan bakar.

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara waktu dan temperatur reaktor dengan variasi bahan bakar sekam padi dan campuran sekam padi, campuran sekam padi dan serbuk kayu sengon dan jati. Dari gambar dapat dijelaskan bahwa jenis bahan bakar berpengaruh terhadap temperatur pembakaran yang dihasilkan temperatur dimana temperatur pembakaran yang tertinggi rata-rata didapatkan pada sekam padi memiliki temperatur sebesar 454°C sedangkan sekam padi campuran serbuk gergaji kayu jati memiliki nilai kalor rata-rata tertinggi 310°C dan sekam padi campuran kayu sengon pada percobaan pembakaran bahan bakar pada ketiga variasi ini memiliki nilai kalor rata-rata tertinggi 232°C.

### 3.2 Karakteristik nyala efektif bahan bakar Hasil Gasifikasi



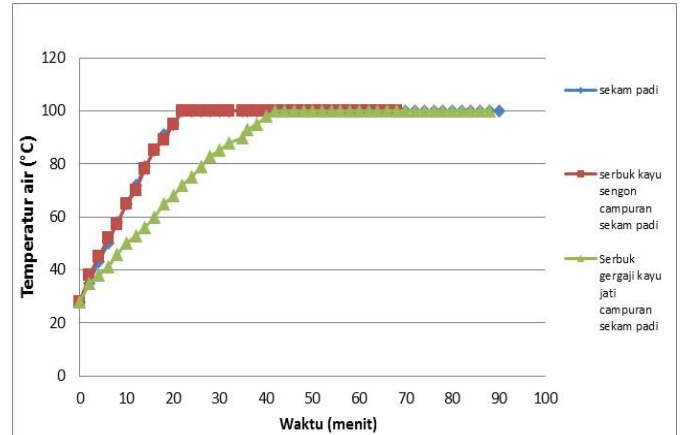
Gambar 6. Grafik karakteristik Pembakaran Gas Hasil Gasifikasi pada tiga jenis bahan bakar.

Gambar 6 menunjukkan karakteristik pembakaran dengan bahan bakar hasil reaktor gasifikasi dengan menggunakan 3 variasi bahan bakar. Dari gambar dapat diketahui temperatur pembakaran gas tertinggi rata-rata didapatkan pada campuran bahan bakar sekam padi campuran serbuk gergaji kayu sengon memiliki nilai kalor api yang tinggi yaitu sebesar 337°C pada menit ke 24 sedangkan bahan bakar sekam padi campuran serbuk gergaji kayu jati memiliki nilai kalor rata-rata tertinggi 306°C pada menit ke 70 dan bahan bakar sekam padi pada percobaan pembakaran bahan bakar memiliki nilai kalor rata-rata tertinggi 296°C pada menit ke 50. Dari perbandingan nyala efektif bahan bakar yang digunakan menunjukkan hasil bahwa nyala efektif bahan bakar sekam padi memiliki lama nyala efektif paling lama selama 90 menit.

### 3.3 Analisis Efisiensi Konversi Bahan Bakar

Kalor yang dihasilkan oleh kompor dengan bahan bakar selanjutnya digunakan untuk

mendidihkan air dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi konversi bahan bakar dari padat menjadi gas. Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran temperatur air yang dididihkan dengan gas yang dihasilkan proses gasifikasi dengan bahan bakar yang berbedan



Gambar 7. grafik perbandingan variasi bahan bakar terhadap waktu pendidihan air.

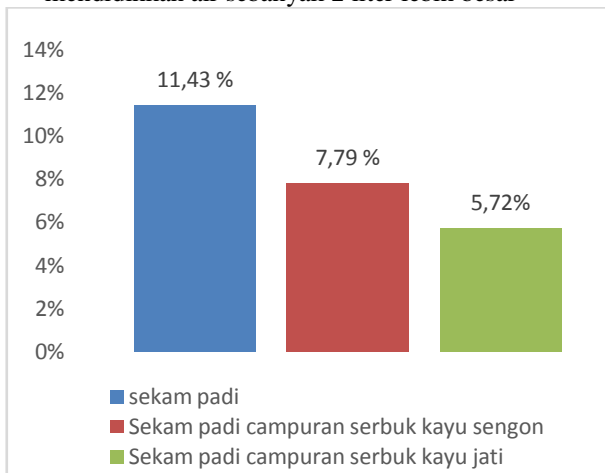
Dari gambar diketahui waktu pendidihan air untuk gasifikasi menggunakan *fluidized bed* dengan bahan bakar sekam padi dapat mendidihkan air sebanyak 2 liter dalam waktu 22 menit, bahan bakar serbuk kayu sengon campuran sekam padi dapat mendidihkan dalam waktu 22 menit. Sedangkan untuk bahan bakar Serbuk kayu jati campuran sekam padi dapat mendidihkan air dalam waktu 44 menit. Urutan waktu pendidihan air tercepat pada percobaan ini adalah sekam padi dan serbuk kayu sengon dengan campuran sekam padi selama 22 menit, sedangkan serbuk kayu jati dengan campuran sekam padi selama 44 menit. Data pada gambar 7 kemudian digunakan untuk menganalisis jumlah kalor dan menghasilkan tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1. perhitungan kalor Pendidihan Air

Bahan bakar	Qs (Kj)	Ql (KJ)	Q total (KJ)
Sekam padi	603,718	975,74	1579,46
Sekam padi + serbuk sengon	603,676	627,61	1231,29
Sekam padi + serbuk jati	603,780	394,63	998,41

Jika diketahui nilai kalor bahan bakar yang di bakar masing-masing bahan bakar maka efisiensi konversi biomassa menjadi gas dapat dilihat pada gambar 8. Dari gambar diketahui bahwa efisiensi thermal setiap percobaan berbeda pada percobaan menggunakan bahan bakar 5 kg

sekam padi efisiensi thermal sebesar 11,43% sedangkan percobaan dengan menggunakan bahan bakar sekam padi campuran serbuk gergaji kayu sengon 50% massa didapatkan efisiensi sebesar 7,79% dan percobaan dengan menggunakan sekam padi campuran serbuk gergaji kayu jati 50% didapatkan efisiensi sebesar 5,72%. Sehingga efisiensi thermal terbesar adalah pada percobaan dengan menggunakan bahan bakar sekam padi didapatkan efisiensi sebesar 11,43%. Hal ini dipengaruhi oleh nyala efektif yang lebih lama, massa uap yang diuapkan pun lebih besar, sehingga kalor yang digunakan untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter lebih besar



Gambar 8 grafik efisiensi Konversi Bahan Bakar Pada Reaktor

#### 4. KESIMPULAN

Dengan variasi bahan bakar berupa sekam padi, serbuk gergaji kayu sengon campuran sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati campuran sekam padi didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Jenis bahan bakar berpengaruh terhadap temperatur reaktor, waktu lama pendidihan air dan nyala efektif, efisiensi thermal.
- Temperatur api tertinggi pada percobaan ini yaitu pada serbuk kayu jati campuran sekam padi sebesar 337°C. Sedangkan bahan bakar sekam padi campuran serbuk gergaji kayu jati memiliki nilai kalor rata-rata tertinggi 306°C dan sekam padi memiliki nilai kalor rata-rata tertinggi 296°C
- Waktu pendidihan air bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu sengon campuran sekam padi dengan waktu 22 menit, sedangkan bahan bakar sekam padi campuran serbuk gergaji kayu jati mendidihkan air selama 42 menit. Bahan bakar sekam padi memiliki nyala efektif selama 90 menit

sedangkan bahan bakar serbuk kayu jati campuran sekam padi memiliki nyala efektif 88 menit dan serbuk kayu sengon campuran sekam padi memiliki lama nyala efektif 68 menit.

- Berdasarkan keterangan kesimpulan diatas bahan bakar sekam padi sebanyak 5 kg relatif cukup baik untuk digunakan pada *fluidized bed gasifier*

#### Daftar Pustaka

- Aklis. Nur, 2013. *Pengaruh Perbedaan Jumlah Lubang Pada Distributor Udara Terhadap Karakteristik Gelembung Pada Bubbling Fluidized Bed Dengan Beberapa Jenis Partikel Yang Berbeda*. Universitas Gajah Mada
- Handoyo, 2013. *Pengaruh variasi kecepatan udara terhadap temperatur pembakaran pada tungku gasifikasi sekam padi*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- I Putu Angga Sukma Primantara, I Nyoman Suprpta Winaya dan I Made Widiyarta 2014. *Fluidized Bed Gasification berbahan bakar Biomassa dan Batubara Dengan Variasi Komposisi Bahan Bakar*. Jurnal Logic. Vol. 14. No. 3. Nopember 2014.
- Kunii. D. and Levenspiel. O. 1969. *Fluidization Engineering*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Nugroho. Rizki, 2013. *Pengembangan Desain dan Pengoperasian Alat Produksi Gas Metana dari Pembakaran Sampah Organik*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Samsudin Anis, Karnowo, Wahyudi, Wara Dyah PR. *Studi Eksperimen Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Gasifikasi Penghasil Syngas*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- S. Ibnu, 2011. *Rancang Bangun dan Pengujian Alat Produksi Gas Metana Dari Sampah Organik Dengan Variasi Bahan Sekam Padi, Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Subroto, Prasetyo Dwi 2013. *Unjuk Kerja Tungku Gasifikasi Dengan Bahan Bakar*

*Sekam Padi Melalui Pengaturan Kecepatan Udara Pembakaran.* Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Volume 14, No 2, Juli 2013, 51-58, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.