

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## M5-008 PENGEMBANGAN UPDRAFT GASIFIER UNTUK MENGAHASILKAN GAS MAMPU BAKAR

**Fajri Vidian<sup>1</sup>, Alin Indri Handika<sup>2</sup>**

Dosen Jurusan Teknik Mesin , Universitas Sriwijaya<sup>1</sup>

Alumni Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya<sup>2</sup>

Email : fajrividian@yahoo.com

*Pada penelitian ini sebuah updraft gasifier dengan diameter 22 cm dan tinggi 60 cm dan tebal 5 mm dari bahan stainless steel dipabrikasi di laboratorium konversi energi jurusan teknik mesin Universitas Sriwijaya. Batubara yang digunakan sebagai bahan bakar adalah batubara koalitas rendah bukit asam BA59 dengan nilai kalor 5900 kcal/kg. Proses gasifikasi dilakukan pada laju aliran udara pembakaran 142 lpm; 162 lpm dan 183 lpm. Hasil penelitian menunjukkan gas mampu bakar dapat dihasilkan ± 15 menit setelah proses dimulai stabilitas gas mampu bakar dapat bertahan 2 jam proses dengan bentuk api yang dihasilkan berwarna kuning. Proses berlangsung pada equivalensi ratio antara 0,3 s/d 0,36 dengan komposisi gas mampu bakar yang dihasilkan 18% s/d 23% CO; 7,2 s/d 9,5% H<sub>2</sub> dan 2,6 s/d 3,2% CH<sub>4</sub> pada effisiensi antara 42 s/d 76%.*

Kata Kunci : *gasifier, batubara, gasifikasi, gas mampu bakar*

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## 1. Pendahuluan

Gasifikasi adalah proses pengkorversian bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20 s/d 40% udara stoikiometri) [1]

Gas hasil dari proses gasifikasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas untuk boiler, turbin gas dan mesin pembakaran dalam sehingga terjadi proses pembakaran bertingkat dari biomassa yang sangat signifikan dalam mengurangi jumlah nitrogen oksida [2].

Gasifikasi telah menarik minat yang tinggi di sebabkan oleh proses ini menawarkan effisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran langsung dan pirolisa [3]. Selain itu teknologi gasifikasi mempunyai keiuntungan dari segi lingkungan karena menghasil polusi yang rendah terutama nitrogen oxida.

Batubara merupakan salah Sumberdaya energi yang paling siap mengantikan peranan minyak bumi, mengingat sumbardaya batubara Indonesia cukup melimpah 57,8 miliar ton tahun 2005 [4]. Pemanfaatan batubara bersih dan efisiensi masih tetap menjadi tantangan yang perlu diupayakan secara ekstensif dalam rangka memperpanjang umur ketersediaannya selain minimalkan beban lingkungan global.

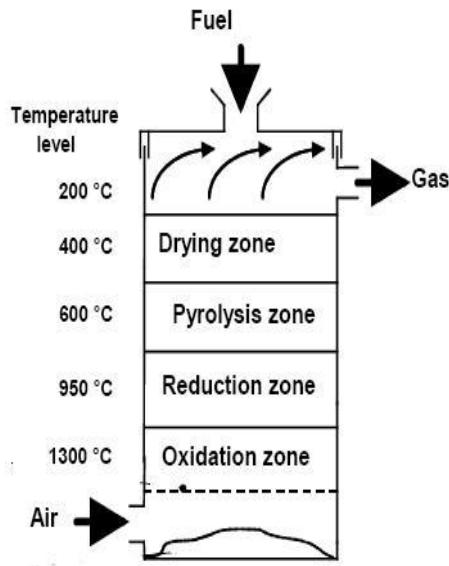
Penelitian bertujuan untuk mengembangkan suatu *gasifier* type aliran keatas menggunakan bahan bakar batubara BA 59. Pengujian komposisi gas dan efisiensi proses dilakukan pada beberapa laja aliran udara pembakaran.

## 2. *Udfraf Gasifier*

Pada percobaan ini terlebih dahulu dilakukan disain peralatan, pendekatan disain dilakukan berdasarkan studi literatur. Prinsif utama dari *gasifier* aliran keatas adalah terdapatnya zona pembakaran (*oksidation zone*) pada bagian bawah reactor seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Udara pembakaran dimasukkan dari bagian bawah reaktor. Bahan bakar dimasukkan dari bagian atas reaktor. Gas hasil proses gasifikasi keluar dari bagian atas rektor. Temperatur maksimum zona pembakaran  $1200^{\circ}\text{C}$  [5]. Daerah pembakaran mempunyai ketinggian antara 0,5 cm – 15 cm [5]. Daerah reduksi harus mempunyai ketinggian minimal 20 cm untuk terjadinya proses reduksi [6]

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

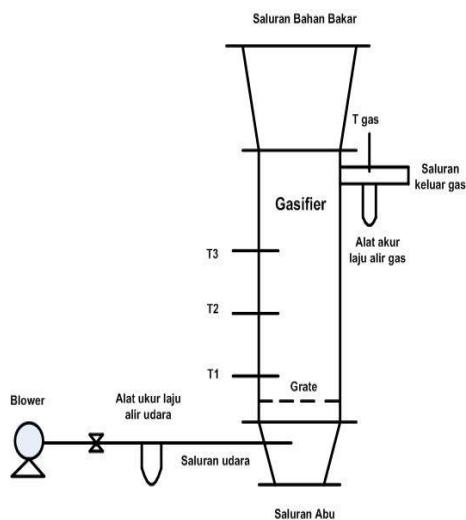
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 1. *Ufdraft Gasifier*

### 3. Eksperimental Set Up

Ruang reaksi/bakar, saluran masuk bahan bakar, saluran udara masuk dan saluran keluar gas merupakan bagian utama dari *gasifier* seperti pada gambar 2



Gambar 2. Eksperimental set up

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*



Gambar 3. Gasifier Type Aliran Keatas  
yang di Pabrikasi

Ruang reaksi (pembakaran, reduksi dan Pirolisa) terbuat dari *stailess stell* dengan ukuran diamtere 22 cm dan tinggi 55 cm dan tebal 4 mm. diatas ruang reaksi terdapat pintu masuk bahan bakar dengan diameter 22 cm bahan baker jatuh dengan grafitasi . dalam ruang reaksi ter dapat *grate* yang terbuat dari stainless steel dengan ketebalan 4 mm, diameter *grate* 1 cm. Abu sisa pembakaran turun kebawah melewati *grate* dan ditampung pada tempat saluran abu terbuat dari *mild stell* dengan ukuran diameter bagian atas 22 cm dan diamter bagian bawah 15 cm dan tinggi 15 cm. Abu dikeluarkan dari tempat penampungan secara periodik.

Saluran udara masuk terbuat dari pipa *mild stell* dengan diameter 5 cm udara pembakaran disuplai menggunakan sebuah blower dengan kapasitas 1070 lpm. Sulai udara diukur menggunakan manometer miring.

Penampungan bahan bakar terbuat dari *mild stell* dengan ukuran diameter 22 cm bawah 30 cm atas dan tinggi 30 cm penampung bahan baker memiliki dua pintu. Pintu pertama berfungsi sebagai tempat masuk bahan bakar kedalam ruang penampungan. Pintu kedua sebagai tempat masuk bahan bakar ke dalam ruang reaksi.

Saluran Keluar gas terbuat dari *stainless steel* dengan diameter 5 cm pada saluran keluar gas dipasang orifice meter untuk mengukur laju aliran gas.

Bahan bakar yang digunakan adalah batubara BA59 produksi PT Tambang batubara Bukit asam. Dengan ukuran diameter  $\pm$  2 cm seperti pada gambar 4.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*



Gambar 4. Batubara BA 59

Tabel 1 Analisa Proximat dan Ultimat  
Batubara BA 59

	Batu Bara BA 59
Proximat (%) berat)	
Moisture	14,5
Volatile Mater	40
Ash	8
Fixed Carbon	37,50
Low Heating Value (kcall/kg)	5900
Ultimat (% Berat)	
C	56,6
H	5,58
O	36,27
N	0,75
S	0,8

## 4. Prosedur Pengujian

Penyalakan awal dilakukan dengan bantuan kayu atau tempurung kelapa sebanyak 0,25 kg dan minyak tanah dinnyakan dalam keadaan valve udara terbuka penuh. Setelah kayu jadi bara baru kurang lebih 3 menit dimasukkan batubara sebanyak 9 kg atau sampai  $\frac{3}{4}$  gasifier batubara akan terbakar yang ditandai dengan naiknya suhu pada pada daerah pembakaran. Setelah suhu sekitar 700 C mulai pengaturan suplai udara. Waktu yang diperlukan dari awal hingga mendapatkan gas mampu bakar  $\pm$  15 menit.

Laju alir udara pembakaran divariasikan masing – masing 142 lpm; 162 lpm dan 183 lpm. Laju alir udara dan laju alir gas diukur menggunakan manometer miring. Setiap laju alir dilakukan operasi selama  $\pm$  2 jam.

Komposisi gas diambil 6 kali setiap running menggunakan tabung gelas kapasitas 150 ml. Komposisi gas selanjutnya dideteksi menggunakan *gas chromatograph* Shimatzu CR9 dengan standar pengujian GPA

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

**Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009**

2261. Lokasi pengujian di Laboratorium PT Pupuk Sriwijaya. Komposisi gas selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai kalor gas hasil proses dengan menggunakan rumus dibawah ini [7].

$$CV_G = \sum X_i H_i \quad (1)$$

Dimana :

$X_i$  = fraksi volum masing – masing  
komposisi gas pada temperatur ruang  
(mol)

$H_i$  = LHV masing-masing komposisi  
gas pada temperatur ruang (MJ/m<sup>3</sup>)  
(Tabel 2)

Tabel 2. LHV Gas pada temperatur  
 $25^{\circ}\text{C}$

No	Komposisi Gas	LHV (MJ/m <sup>3</sup> ) pada $25^{\circ}\text{C}$
1	CO	11, 5668
2	H <sub>2</sub>	9, 8846
3	CH <sub>4</sub>	32, 7938
4	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	51, 3223
5	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	54, 0840
6	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	58, 3627

Equivalensi ratio proses dihitung menggunakan rumus di bawah ini [8].

$$ER = \frac{\text{Laju Airan Udara} \left( \text{m}^3/\text{menit} \right) \times \text{Waktu Operasi} (\text{menit})}{\text{Masukkan Bahan Bakar} (\text{kg}) \times \left( A/F \text{ untuk } \phi=1 \right) \left( \text{m}^3/\text{kg} \right)} \quad (2)$$

$A/F$  untuk  $\phi=1$  adalah jumlah udara  
yang diperlukan untuk  
pembakaran stoikiometri  
1 kg bahan bakar .

Efisiensi Proses Gasifikasi dihitung dengan menggunakan rumus [7] :

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

$$\eta_{\text{Gas}} = \frac{\text{Nilai Kalor Gas Hasil} / \text{kg Bahan Bakar (MJ)}}{\text{Nilai Kalor 1 kg Bahan Bakar (MJ)}} \quad (3)$$

## 5. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan maka gasifier dapat beroperasi untuk menghasilkan gas mampu bakar dari bahan bakar batubara BA 59. Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan gas mampu baker ± 15 menit dari awal start-up. Api hasil pembakaran *gas producer* diperlihatkan pada Gambar 5. Warna api yang dihasilkan masih berwarna kuning.. Stabilitas api dapat dipertahankan selama 2 jam operasi.



Gambar 5. Api hasil pembakaran gas



Gambar 6. Api hasil pembakaran gas

Peningkatan jumlah aliran udara primer akan meningkatkan equivalensi rasio proses yaitu 0,3; 0,35 dan 0,37 masing – masing untuk laju aliran udara.

Komposisi gas yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan komposisi gas yang dihasilkan yang umum dihasilkan *gasifier type* aliran keatas seperti yang diperlihatkan pada tabel 3

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

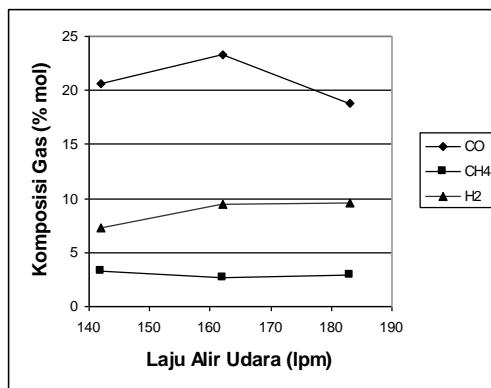
*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Tabel 3. Komposisi Gas Hasil Gasifikasi

Gas	Komposisi Gas	
	Umum dihasilkan [9]	Hasil Eksperimen
CH <sub>4</sub>	3	2,6 - 3,2%
CO	24	18% - 23%
H <sub>2</sub>	11	7,2 - 9,5%

## 5.1 Pengaruh Laju Udara Primer Terhadap Komposisi Gas

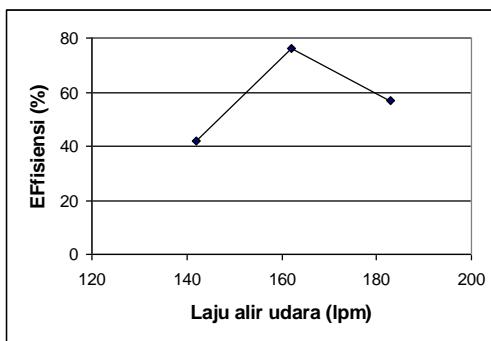
Gambar 7 memperlihatkan komposisi CO untuk laju alir udara 142 s/d 162 akan meningkat tetapi untuk laju alir udara antara 162 s/d 183 lpm komposisi CO akan turun. Komposisi CO antara equivalensi ratio 0,2 s/d 0,4 akan mencapai titik maksimum dan selanjutnya akan turun. Seiring dengan semakin sempurnanya proses pembakaran. Komposisi H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> sangat ditentukan oleh temperatur dalam reaktor terutama kesetimbangan reaksi didaerah reduksi karena unsur ini merupakan produk utama daerah reduksi. Dari hasil eksperimen meperlihatkan bahwa pada diatas laju alir 162 lpm komposisi H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> cendrung kosntan.



Gambar 7. Pengaruh Variasi Udara Primer Terhadap Komposisi Gas

## 5.2 Pengaruh Laju Udara Primer Terhadap Efisiensi Gasifier.

Gambar 8 memperlihatkan untuk laju alir udara antara 142 s/d 162 efisiensi meningkat kemudian antara 162 s/d 182 lpm efisiensi akan menurun. Efisiensi maksimum terjadi pada laju alir udara 162 lpm hal ini disebabkan semakin meningkatnya laju alir udara maka pembakaran akan lebih sempurnan sehingga gas mampu bakar yang dihasilkan akan berkurang terutama gas CO yang komposisinya lebih dominan.



Gambar 8. Pengaruh Laju Udara Primer Terhadap Efisiensi Gasifier.

## 6. Kesimpulan

Pengembangan *ufdraft gasifier* dengan bahan bakar baturabu BA 59 dapat menghasilkan gas mampu bakar dengan efisiensi pengkonversian maksimum 76% dan gas mampu bakar yang dihasilkan tidak jauh yang umum dihasilkan oleh *ufdratf gasifier* yang umum ada.

## Daftar Pustaka

- [1] Luby,Peter. *Advanced System in Biomass Gasification – Commercial Reality and Outlook*. Paper, the III International Slovak Biomass Forum, Bratislava, February 3-5,2003
- [2] The Bronzoek Group.,”*Maximinixing Energy Recovery From Palm Oil Wastes*”, Paper, Word Palm Oil Conggress, Kuala Lumpur,1999
- [3] Bridgwater,AV.” *Thermal Processing of Biomass for Fuels and Chemical*” , Paper, . 6<sup>th</sup> Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization, Paper, May 2002
- [4] Purnomo Yugiantoro, *Energy Strategy Of Indonesia, Proceding The International Energy Conference 6<sup>th</sup> Coal Tech*, Bali,4-5 Des, P4.
- [5] Kaup, A., Gross, J.R.,”*State of The Art Report for Small Scale (to 50 KW) Gas Producer Engine System*” Departemen of Agricultural Engineering University of California, March,1981
- [6] <http://www.fao.org/docrep/tc512e/T0512eoc>
- [7] Jain, Anil Kr., Goss, Jhon R., “*Determination of Reaktor Scalling Factor for Throatless Risk Husk Gasifier*”, International Journal Biomass & Bioenergy, Pergamon, 18, 2000, pp.249-256
- [8] ZA,Zainal., Rifau,Ali., GA,Quadir., KN,Seetharamu., ”*Experimental Investigation of a Downdraft Biomass Gasifier*”, Biomass Bioenergi Journal, Januari ,2003
- [9] Bridgwater, A. V., “*The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation*,” Fuel 74, 631-653, 1995;