

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M5-008 PENGEMBANGAN UPDRAFT GASIFIER UNTUK MENGHASILKAN GAS MAMPU BAKAR

Fajri Vidian¹, Alin Indri Handika²

Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya¹

Alumni Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya²

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 kualitas 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% H₂ dan 2,6 s/d 3,2% CH₄ pada efisiensi 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 pengkonversian 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].

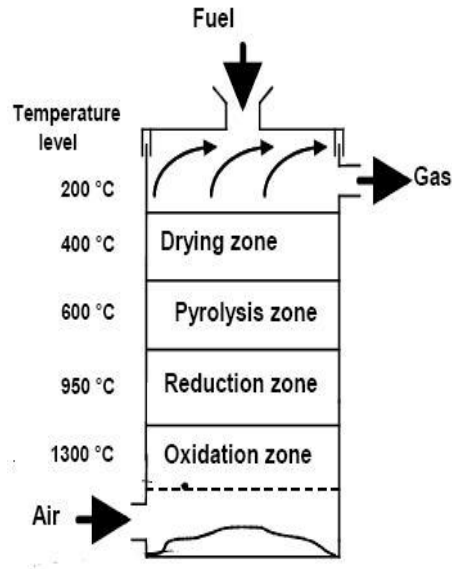
Gasifikasi telah menarik minat yang tinggi di sebabkan oleh proses ini menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran langsung dan pirolisa [3]. Selain itu teknologi gasifikasi mempunyai keuntungan dari segi lingkungan karena menghasilkan polusi yang rendah terutama nitrogen oksida.

Batubara merupakan salah Sumberdaya energi yang paling siap menggantikan peranan minyak bumi, mengingat sumberdaya batubara Indonesia cukup melimpah 57,8 milyar ton tahun 2005 [4]. Pemanfaatan batubara bersih dan efisiensi masih tetap menjadi tantangan yang perlu diupayakan secara ekstensif dalam rangka memperpanjang umur ketersediaannya selain meminimalkan 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. Ufdraf Gasifier

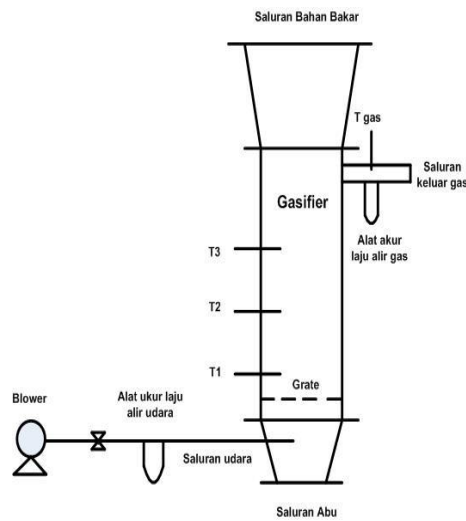
Pada percobaan ini terlebih dahulu dilakukan disain peralatan, pendekatan disain dilakukan berdasarkan studi literatur. Prinsip utama dari *gasifier* aliran keatas adalah terdapatnya zona pembakaran (*oksidation zone*) pada bagian bawah reactor seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Udara pembakaran 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 1200⁰C [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]



Gambar 1. Ufdrift 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



Gambar 3. Gasifier Type Aliran Keatas yang di Pabrikasi

Ruang reaksi (pembakaran, reduksi dan Pirolisa) terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran diametere 22 cm dan tinggi 55 cm dan tebal 4 mm. diatas ruang reaksi terdapat pintu masuk bahan bakar dengan diamater 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 steel* 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 meggunakan 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 ± 2 cm seperti pada gambar 4.



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

Penyalaaan awal dilakukan dengan bantuan kayu atau tempurung kelapa sebanyak 0,25 kg dan minyak tanah dinyyakan 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 ± 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 ± 2 jam.

Komposisi gas diambil 6 kali setiap running menggunakan tabung gelas kapasitas 150 ml. Komposisi gas selanjutnya dideteksi menggunakan *gas crematograph* 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 degan 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/m³) (Tabel 2)

Tabel 2. LHV Gas pada temperatur 25⁰C

No	Komposisi Gas	LHV (MJ/m ³) pada 25 ⁰ C
1	CO	11, 5668
2	H ₂	9, 8846
3	CH ₄	32, 7938
4	C ₂ H ₂	51, 3223
5	C ₂ H ₄	54, 0840
6	C ₂ H ₆	58, 3627

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

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

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] :

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

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 bakar ± 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 pembakarana 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.

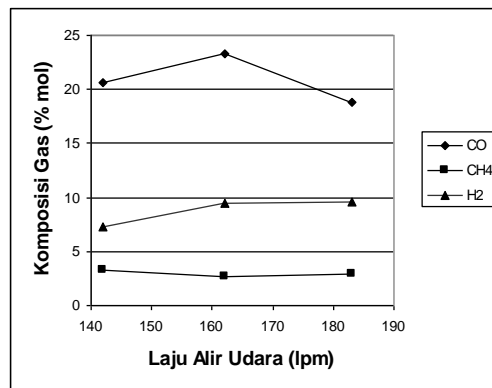
Komposisi gas yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan komposisi gas yang dihasilkan yang umum dihasilkan *gasifier type* aliran keatas seperti yang diperlihatkan pada tabel 3

Tabel 3. Komposisi Gas Hasil Gasifikasi

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

5.1 Pengaruh Laju Udara Primer Terhadap Komposisi Gas

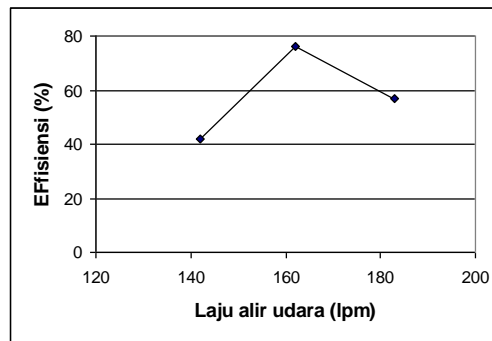
Gambar 7 memperlihatkan komposisi CO untuk laju alir udara 142 s/d 162 akan meningkat tetapi untuk laju alir udara antara 162 s/d 183 lpm komposisi CO akan turun. Komposisi CO antara equivalensi ratio 0,2 s/d 0,4 akan mencapai titik maksimum dan selanjutnya akan turun. Seiring dengan semakin sempurnanya proses pembakaran. Komposisi H₂ dan CH₄ sangat ditentukan oleh temperatur dalam reaktor terutama kesetimbangan reaksi didaerah reduksi karena unsur ini merupakan produk utama daerah reduksi. Dari hasil eksperimen memperlihatkan bahwa pada diatas laju alir 162 lpm komposisi H₂ dan CH₄ cenderung konstan.



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 sempurna 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 baturaba BA 59 dapat menghasilkan gas mampu bakar dengan efisiensi pengkonversian maksimum 76% dan gas mampu bakar yang dihasilkan tidak jauh yang umum dihasilkan oleh *ufdraft 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., "Maximizing Energy Recovery From Palm Oil Wastes", Paper, World Palm Oil Congress, Kuala Lumpur, 1999
- [3] Bridgwater, A.V. "Thermal Processing of Biomass for Fuels and Chemical", Paper, 6th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization, Paper, May 2002
- [4] Purnomo Yugiantoro, *Energy Strategy Of Indonesia, Proceeding The International Energy Conference 6th 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/to512e/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;