



Submitted : 4 December

Revised : 8 December

Accepted : 8 December

## UJI KUALITAS SYNGAS BAHAN BAKAR BONGGOL JAGUNG TERHADAP AIR FUEL RATIO (AFR) DAN KADAR AIR DENGAN GASIFIKASI DOWNDRAFT

Endang Suhendi<sup>1\*</sup>, Imron Rosyadi<sup>2</sup>, Tb. Ahmad Nasorudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia – Fakultas Teknik – Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik – Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

\*Email : [endangs.untirta@gmail.com](mailto:endangs.untirta@gmail.com)

### Abstrak

Teknologi gasifikasi adalah memanfaatkan energi biomassa sebagai bahan bakar melalui proses mengubah padatan biomassa menjadi *syngas* yaitu CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO, pada temperatur tinggi di reaktor *gasifier* dengan suplai udara terbatas. Tujuan penelitian ini adalah menciptakan inovasi energi alternatif terbarukan dan mengetahui pengaruh AFR dan kadar air terhadap kualitas produk *syngas* yang dihasilkan pada gasifikasi tipe *downdraft* serta membandingkan komposisi *syngas* pada penelitian gasifikasi *updraft* sebelumnya. Untuk bonggol jagung dikeringkan sampai didapatkan kadar air yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan blower dengan laju alir udara yang dihembuskan ke reaktor *gasifier* di atur berdasarkan beberapa variasi AFR. Dalam enam kali pengujian dengan tiga variasi AFR dan dua variasi kadar air bahan bakar yang berbeda didapatkan hasil analisa *syngas* memiliki konsentrasi yang berbeda. Pada penelitian ini untuk AFR 1,048 dan kadar air 9 % menghasilkan kualitas *syngas* paling baik dengan konsentrasi CH<sub>4</sub> 2,020 vol%, H<sub>2</sub> 4,033 vol % dan CO 9,813 vol %.

**Kata Kunci:** AFR, Bonggol Jagung, ER, Gasifikasi *Downdraft*, Kadar Air, *Syngas*

### Abstract

Gasification is a technology that uses biomass energy as fuel through biomass conversion to CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO, at high temperature in *gasifier* with limited air supply. The aim of this research was to create an innovation an renewable alternative energy and to determine the effect of AFR and moisture content on *syngas* produced by *downdraft* type gasification and comparing the composition of the *syngas* in previous *updraft* gasification research. corncob was dried to obtain the desired moisture content. This study used a blower with a flowrate of air which was blown into to the *gasifier* reactor arranged according to some variation of AFR. In six tests with three variations of AFR and two variations of the water content of different fuels obtained results of the analysis of *syngas* having different concentration. In this study AFR 1,048 and moisture content 9% resulted the best quality of *syngas* with CH<sub>4</sub> 2,020 %vol, H<sub>2</sub> 4,033 %vol and CO 9,813 %vol concentration

**Keywords:** AFR, Corncorb, ER, *Downdraft* Gasification, Moisture Content, *Syngas*

### 1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi maka semakin tingginya akan kebutuhan konsumsi energi. Saat ini konsumsi energi terbesar masih menggunakan bahan bakar fosil. Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki lahan pertanian yang luas dan ditanami produk-produk pertanian yang beragam. Produk pertanian tersebut meninggalkan limbah, limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi diantaranya

adalah bonggol jagung. Data Badan Pusat Statistik No. 20/03/Th. XVI, 1 Maret 2013 menyebutkan, produksi jagung Indonesia pada tahun 2012 mencapai 19,38 juta ton pipilan kering. Untuk memaksimalkan manfaat kandungan energi dari limbah bonggol jagung, maka diperlukan suatu penelitian dan percobaan untuk dapat mengkonversi menjadi sebuah energi yang lebih besar. Teknik memanfaatkan energi biomassa dari bonggol jagung adalah dengan gasifikasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

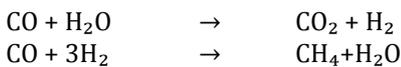
### 2.1 Pengertian Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain tanaman, pepohonan, rumput, umbi limbah pertanian, dan limbah hutan. Selain digunakan untuk tujuan primer seperti serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai bahan energi (bahan bakar).

Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan dalam proses gasifikasi adalah limbah bonggol jagung. Pada proses gasifikasi limbah bonggol jagung dibakar didalam *gasifier* dan menghasilkan produk *syngas* dan gas panas dengan nilai kalori 4000-4500 Kcal/kg. Produk *syngas* tersebut adalah H<sub>2</sub>, CO, dan CH<sub>4</sub>, yang dapat dimanfaatkan menjadi gas bakar. Proses pembentukan gas pada sistem ini merupakan kelanjutan dari proses pirolisa dimana reaksi yang terjadi adalah (Higman and Burgt, 2003):



Pada fase gas beberapa reaksi tambahan dapat terjadi :



### 2.2 Konsep Dasar Gasifikasi

Dalam proses gasifikasi udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan pada proses pembakaran, untuk AFR dibatasi yaitu 1 sampai 1,5. Selama proses gasifikasi terdapat beberapa tahapan proses yaitu :

1. Tahapan pemanasan.
2. Tahap pengeringan.
3. Tahap pemanasan lanjut.
4. Tahap devolitasi.
5. Tahap pembakaran arang (terjadi jika masih terdapat udara yang tersisa).

### 2.3 Zona Proses Gasifikasi

Terdapat empat bagian tempat pada proses gasifikasi dalam pembuatan gas bahan bakar, yaitu (Rinovianto, 2012):

1. Proses Pengeringan Bahan Bakar (Drying of Fuel Process), Pada reaksi ini, bahan bakar yang mengandung air akan dihilangkan dengan cara diuapkan dan dibutuhkan energi yang besar untuk melakukan proses tersebut sehingga cukup menyita waktu operasi
2. Proses Pirolisis (Pyrolysis Process), Pada Pirolisis, pemisahan volatile matters (uap air, cairan organik, dan gas yang tidak terkondensasi) dari padatan karbon bahan bakar menggunakan panas yang diserap dari proses oksidasi sehingga pirolisis disebut juga gasifikasi parsial.

3. Proses Pembakaran (Combustion Process), Proses Pembakaran adalah mengoksidasi kandungan karbon dan hidrogen yang terdapat dalam bahan bakar dengan reaksi endotermik, sedangkan gasifikasi mereduksi hasil pembakaran menjadi gas bakar dengan reaksi endotermik.

4. Proses Reduksi (Reduction Process), Reaksi reduksi suatu rangkaian reaksi endotermik yang panasnya diproduksi dari proses pembakaran. Pada reaksi ini, arang yang dihasilkan melalui reaksi pirolisis tidak sepenuhnya karbon tetapi juga mengandung hidrokarbon yang terdiri dari hidrogen dan oksigen. Untuk itu, agar dihasilkan gas mampu bakar seperti hidrogen dan karbon monoksida, maka arang tersebut harus direaksikan dengan air dan karbon dioksida.

### 2.4 Parameter Gasifikasi

Agar proses gasifikasi dapat berfungsi dengan baik ada beberapa parameter yang dibutuhkan untuk dijaga pada batasan tertentu (Kaup and Gross, 1981) :

1. Ukuran Partikel Bahan Bakar
2. Kadar air Air (*Moisture*)
3. Kandungan Abu (*Ash*)
4. Volatile Matter
5. Nilai Panas

### 2.5 Perhitungan Dasar Gasifikasi

Laju udara dihitung dengan menggunakan persamaan Bernoulli berikut :

Menentukan Air Fuel Ratio (AFR) :

$$AFR = \frac{\dot{m} \text{ udara}}{\dot{m} \text{ bahan bakar}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho \left[ \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right]}}$$

Atau untuk perhitungan AFR dalam satu kali percobaan 1,2 kg bahan bakar selama 30 menit digunakan persamaan berikut ini :

$$AFR = \frac{\rho \cdot A_1 \cdot v_1}{m/t}$$

Berat udara pembakaran stokiometri, pada data *dry basis ultimate* (Sharma, and Mohan, 1984) :

$$\frac{1}{23} \left( \frac{8C}{3} + 8H_2 + S - O_2 \right)$$

*Air Fuel Ratio* stokiometri (AFRs) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$AFRs = \frac{\text{berat udara stokiometri}}{\text{berat bahan bakar}}$$

Ekivalensi Rasio dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Zainal, dkk. 2003):

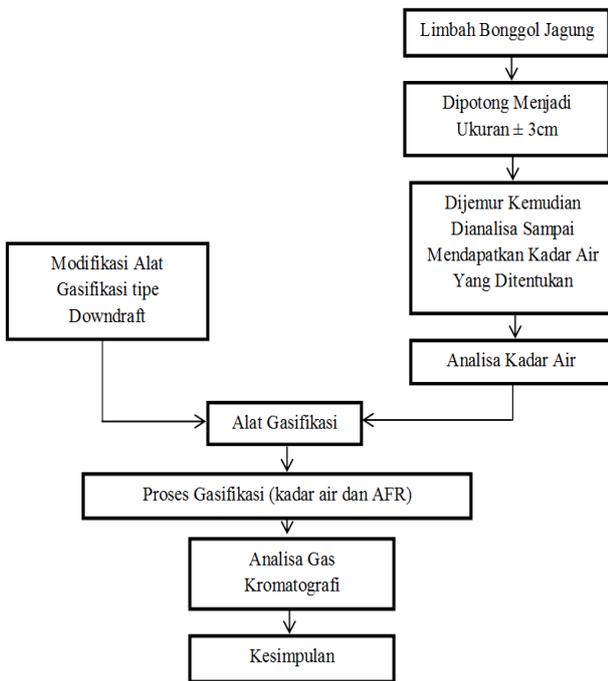
$$ER = \frac{AFR}{AFR_s}$$

dimana :

- g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- h = tinggi permukaan air pada manometer (m)
- $\rho$  = massa jenis fluida dalam pipa / udara ( $kg/m^3$ )
- $\rho'$  = massa jenis fluida dalam manometer/air ( $kg/m^3$ )
- $A_1$  = luas penampang pipa masuk ( $m^2$ )
- $A_2$  = luas Penampang orifis ( $m^2$ )
- $v_1$  = laju udara (m/s)
- m = massa bonggol jagung (kg)
- t = waktu operasi *gasifier* (detik)

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi energi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan bahan baku yaitu bonggol jagung yang berasal dari serang. Pada penelitian ini hasil gas dari proses gasifikasi akan di analisis dengan menggunakan gas cromatografi pada laboratorium analisis PT. Amoco Mitsui indonesia. Adapun Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini :



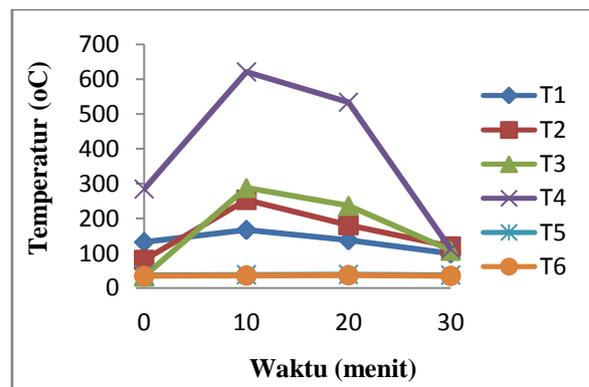
Gambar 1. Tahapan Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur

Terlihat pada gambar 2 pada salah satu percobaan yang dilakukan dengan AFR 1,087, terlihat bahwa grafik distribusi temperatur mengalami fluktuasi. Hal ini dapat disebabkan oleh:

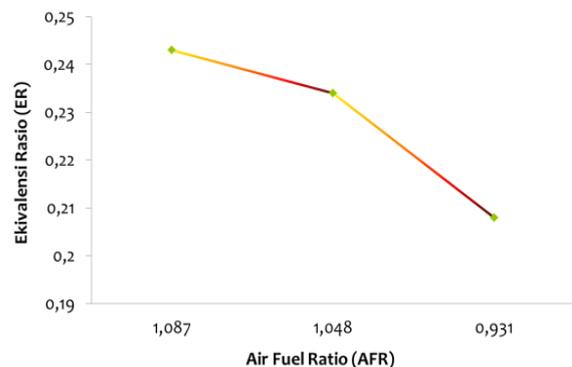
- a. Ketidakteraturan ukuran bahan bakar sehingga mempengaruhi laju turunnya bahan bakar ke daerah oksidasi.
- b. Ketidakteraturan kadar air dalam bahan bakar sehingga terjadi perbedaan kecepatan pembakaran di oksidasi.
- c. Dalam tipe *downdraft* udara panas atau zona oksidasi berada pada T3 sedangkan *outlet syngas* terletak di bagian bawah dari T4, dengan demikian gas panas tidak mudah untuk keluar namun alirannya melewati di daerah atasnya baru kemudian kebawah sehingga mengalami penurunan temperatur gas karena melewati bahan bakar yang belum terbakar.
- d. Pengaruh kebocoran gas pada *flange gasifier*, dan pengaruh insulasi *gasifier* yang tidak baik.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Terhadap Temperatur Pada Proses Gasifikasi

### 4.2 Ekivalensi Rasio

Dalam gasifikasi jumlah udara pembakaran dibatasi antara 20% - 40% udara stokiometri atau dengan ekivalensi rasio (ER) 0,2 - 0,4. Berikut ini adalah grafik hubungan antara AFR dengan Ekivalensi Rasio (ER).



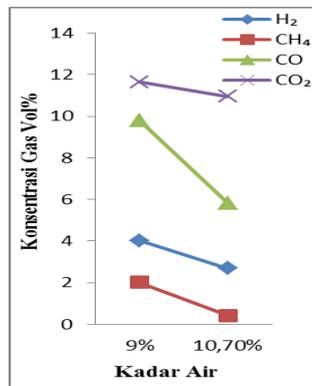
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara AFR dan Ekivalensi Rasio (ER)

Pada gambar 3 terlihat bahwa semakin kecil nilai AFR maka akan semakin kecil pula nilai ER. Menurut Prabir Basu bahwa standar untuk ER kurang dari 0,2 maka, akan menghasilkan beberapa masalah diantaranya adalah gasifikasi tidak sempurna, formasi arang yang berlebih, dan produksi gas dengan nilai panas yang

rendah. Sedangkan untuk ER lebih dari 0,25 namun kurang dari 0,4 maka, akan menghasilkan gas produk yang telah terbakar sehingga dapat menaikkan temperatur gasifikasi (Basu, 2010).

### 4.3 Pengaruh Kadar Air Terhadap Komposisi Syngas

Berikut ini adalah salah satu grafik percobaan pada AFR 1,048

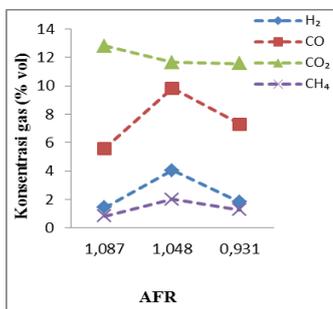


Gambar 4. Grafik Perbandingan Kualitas Syngas Terhadap Kadar Air

Pada gambar 4 memperlihatkan grafik perbandingan kualitas syngas terhadap kadar air bahan bakar. Konsentrasi syngas lebih tinggi yaitu pada bahan bakar dengan kadar air 9% dibandingkan dengan kadar air 10,70%. Hal ini didasarkan bahwa, kadar air bahan bakar mempengaruhi temperatur reduksi. Pada kadar air 9% temperatur reduksi lebih tinggi. Dengan temperatur reduksi tinggi maka laju pengkonversian CO<sub>2</sub> menjadi CO pada daerah reduksi meningkat. Temperatur reduksi yang tinggi juga akan meningkatkan jumlah H<sub>2</sub>O pada daerah reduksi sehingga meningkatkan reaksi pembentukan H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

### 4.4 Pengaruh AFR Terhadap Komposisi Syngas

Dibawah ini adalah grafik hasil pengaruh AFR terhadap komposisi syngas.



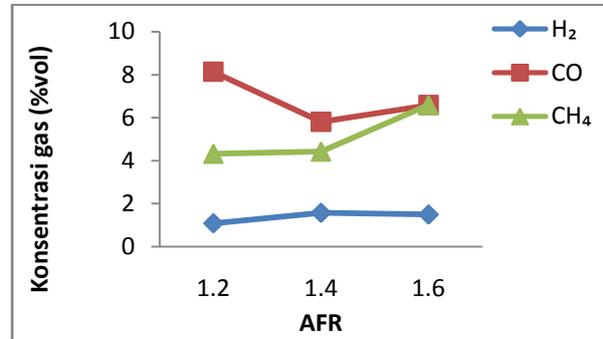
Gambar 5. Grafik Pengaruh AFR Terhadap Komposisi Syngas

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan komposisi gas CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> pada AFR yang berbeda. Pada grafik tersebut menunjukkan konsentrasi syngas paling tinggi dengan AFR 1,048, Perbandingan udara bahan bakar sangat berpengaruh besar pada komposisi

syngas karena udara berperan dalam proses pembakaran didalam gasifier.

### 4.5 Penelitian Gasifikasi Updraft Terhadap Komposisi Syngas

Dibawah ini adalah grafik hasil kualitas syngas yang dihasilkan pada penelitian gasifikasi updraft yang dilakukan pada penelitian sebelumnya.



Gambar 6. Grafik Pengaruh AFR Terhadap Komposisi Syngas pada kadar air 10,89%

Berdasarkan gambar 6 didapatkan pada AFR 1,2 nilai komposisi Syngas H<sub>2</sub>, CO, dan CH<sub>4</sub> adalah tertinggi dibandingkan dengan AFR 1,4 dan AFR 1,6. Untuk nilai komposisi Syngas pada AFR 1,2 adalah H<sub>2</sub> 1,08 %vol, CO 8,13 %vol, dan CH<sub>4</sub> 4,32 %vol.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian gasifikasi bonggol jagung dengan menggunakan gasifikasi downdraft adalah sebagai berikut :

1. AFR yang paling efektif pada pengujian gasifikasi downdraft adalah 1,048 dengan kadar air bahan bakar bonggol jagung 9% karena dapat menghasilkan konsentrasi syngas H<sub>2</sub> lebih tinggi yaitu 4,033 %vol, CO 9,813 %vol, dan CH<sub>4</sub> 2,02 %vol.
2. Perbandingan hasil gasifikasi updraft pada penelitian sebelumnya dengan gasifikasi downdraft didapat bahwa untuk gasifikasi downdraft lebih baik dalam menghasilkan konsentrasi syngas H<sub>2</sub> dan CO yaitu 4,033 %vol dan 9,813 %vol pada AFR 1,048 dan kadar air 9% sedangkan gasifikasi updraft mampu menghasilkan konsentrasi CH<sub>4</sub> lebih tinggi yaitu 6,59 %vol pada AFR 1,6 dan kadar air 10,89% dibandingkan gasifikasi downdraft yang hanya menghasilkan konsentrasi CH<sub>4</sub> 2,02 %vol pada AFR 1,048.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bassu, P., Biomass Gasification and pyrolysis : Practical Design. UK : Elsevier, 2010.
- Higman, C.; Burgt, M., Gasification. Publishing: Gulf Profesional., 2003.
- Kaup, A.; Gross, J.R., State of The Art Report for Small Scale (to 50 KW) Gas Producer Engine System. Department of Agricultural Engineering University of California, 1981.

- Rinovianto, G., Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet. Skripsi. UI. Juli 2012.
- Sharma, S.P., Mohan, C., Fuel and Combustion. New Delhi: Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, 1984.
- Zainal, Z.A.; Rifau, A.; Quadir, G.A.; Seetharamu, K.N., Determination of Reactor Scalling Factor for Throatless Risk Husk Gasifier. Paper, Biomass & Bioenergy Journal, 2003.