

PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP KONSENTRASI KANDUNGAN GAS MAMPU BAKAR DAN DAYA GASIFIKASI

OTONG NURHILAL*, FERRY FAIZAL, HARRY POETRA SOEDARSONO

*Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363*

** email : otong.nurhilal@phys.unpad.ac.id*

Abstrak. Pada penelitian ini telah dianalisa CH_4 , CO dan H_2 sebagai unsur dominan pada gas hasil gasifikasi dari sekam padi dan bonggol jagung. Tipe gasifikator yang digunakan adalah tipe *updraft* dengan udara sebagai medium gasifikasi dengan variasi laju udara 1-5 m/s. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sensor MQ2, MQ4 dan MQ8. Banyaknya bahan biomassa yang digunakan untuk 1 kali proses gasifikasi adalah 1 kg. Berdasarkan data hasil pengukuran temperatur gasifikasi tertinggi mencapai 866 °C dengan laju aliran udara 4,8 m/s. Untuk nilai konsentrasi rata-rata CH_4 , CO dan H_2 tertinggi untuk bonggol masing masing adalah 3791,4 ppm, 8959,4 ppm, dan 8267,1 ppm dengan laju aliran udara 5m/s. Untuk sekam padi diperoleh nilai rata-rata konsentrasi masing-masing adalah 6728 ppm 7497 ppm, dan 7617 ppm pada 3 m/s. Nilai daya terbesar untuk bonggol jagung adalah 11,6 kW pada laju aliran 5 m/s dan sekam padi adalah 2,51 kW pada laju aliran 3 m/s.

Kata kunci: gasifikasi, biomassa, konsentrasi, daya

Abstract. In this study CH_4 , CO and H_2 have been analyzed as the dominant element in the gas gasification from rice husks and corncob. The type of gasifier used is the type of *updraft* with air as a gasification medium with variations in air velocity 1-5 m/s. Measurements are made using MQ2, MQ4 and MQ8 sensors. The amount of biomass material used for one gasification process is 1 kg. Based on the data of the highest gasification temperature measurements reaching 866 °C with an air flow rate of 4.8 m/s. The highest average concentration values of CH_4 , CO and H_2 for humps were 3791.4 ppm, 8959.4 ppm and 8267.1 ppm with air flow rates of 5m / s. For rice husks, the average concentration values were 6728 ppm 7497 ppm and 7617 ppm at 3 m/s, respectively. The greatest power value for corncob is 11.6 kW at a flow rate of 5 m/s and rice husk is 2.51 kW at a flow rate of 3 m/s.

Keywords: gasification, biomass, concentration, power

1. Pendahuluan

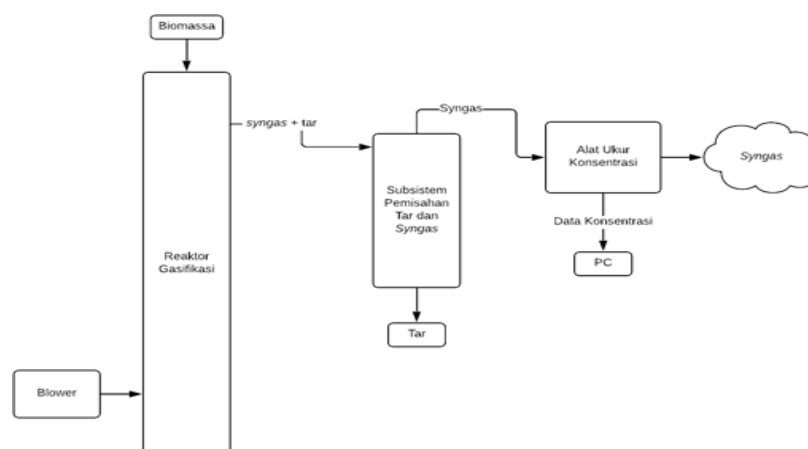
Gasifikasi merupakan proses yang menggunakan panas untuk mengubah biomassa padat menjadi gas sintetik mampu bakar. Gas yang dihasilkan pada proses gasifikasi disebut gas produser yang kandungannya didominasi oleh gas CO , H_2 dan CH_4 [1]. Proses gasifikasi memerlukan medium gasifikasi berupa udara, oksigen dan uap air[2]. Proses gasifikasi bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi alternatif yang bersumber dari biomassa yang melimpah seperti sekam padi dan bonggol jagung yang diproduksi pertahun masing-masing 57,05 juta ton dan 50,7 juta ton di Indonesia [3].

Untuk menghasilkan gas diperlukan reaktor gasifikasi. Produksi gas terjadi pada dua tahapan penting. Tahap pertama adalah reaksi eksotermik oksigen pada udara dengan gas pirolisis dibawah kondisi pengayaan bahan bakar. Tahap kedua adalah reaksi endotermik gas-gas besar CO_2 dan H_2O dengan arang panas (hot char) yang berperang untuk menghasilkan gas seperti CO dan H_2 . Tipe reaktor gasifikasi yang sederhana adalah tipe *updraft* dengan keuntungan antara lain konstruksi yang sederhana dan memiliki efisiensi termal yang tinggi serta bisa digunakan untuk kapasitas kecil maupun besar [4].

Termo-kimia gasifikasi dapat dikelompokkan berdasarkan basis media (agen) gasifikasinya yaitu uap air, udara dan oksigen. Proses gasifikasi dengan medium udara biasanya menghasilkan gas dengan nilai kalor yang rendah. Gas dengan nilai kalor yang tinggi dihasilkan dari oksigen dan uap air sebagai agennya. Namun, untuk memasukkan oksigen dan uap pada reaktor gasifikasi memerlukan biaya yang tinggi serta peralatan khusus [5]. Pada penelitian ini telah dirancang dan diuji reaktor gasifikasi tipe *updraft* dengan variasi udara sebagai agen dan sekam padi dan bonggol jagung sebagai bahan bakar. Untuk mengukur temperatur dan kandungan gas mampu bakar digunakan termokopel dan sensor berbasis mikrokontroler Arduino.

2. Metode Penelitian

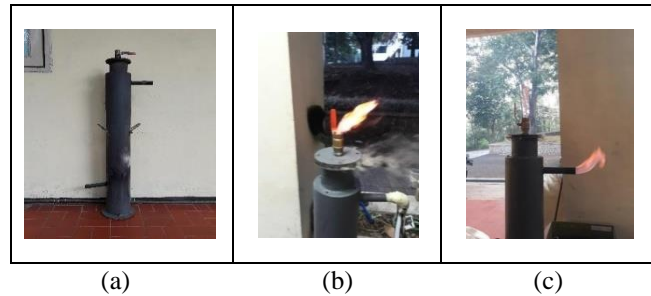
Penelitian ini diawali dengan perancangan reaktor gasifikasi yang didasarkan pada beberapa asumsi antara lain ; kebutuhan energi atau daya yang dihasilkan setara dengan 1kWh [6] dan efisiensi proses gasifikasi 17 % [1]. Berdasarkan data asumsi tersebut dapat ditentukan tinggi dan diameter reaktor gasifikasi. Proses gasifikasi dilakukan dengan memasukkan bahan bakar sebanyak 1 kg. Bahan bakar yang digunakan adalah bonggol jagung dan sekam padi. Pembakaran dimulai dari bagian bawah dengan memberikan pemantik api kemudian memberikan suplai udara yang bervariasi melalui blower kedalam reaktor. Untuk proses pengambilan data temperatur, termokopel ditempatkan pada satu titik di dalam reaktor, sedangkan pengambilan data konsentrasi kandungan gas dilakukan dengan menempatkan tiga sensor gas MQ2, MQ4 dan MQ8 pada tabung penampung gas yang terbentuk. Susunan peralatan gasifikasi ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Susunan peralatan gasifikasi

3. Hasil dan Pembahasan

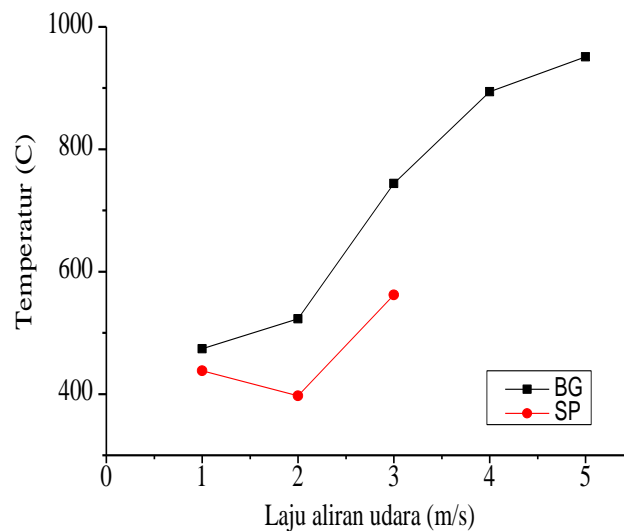
Hasil perancangan dan proses pengujian ditampilkan pada Gambar 2. Dinding reaktor bagian dalam panjangnya 100 cm, diameter 10,16 cm dan tebal 2 mm. Dinding reaktor luar dengan panjang 80 cm, diameter 15,25 cm dan tebal 2 mm. Pipa masukan udara dengan panjang 20 cm, diameter 2,54 cm dan tebal 1mm. Pipa keluaran gas dengan panjang 20 cm, diameter 2,54 cm dan tebal 1 mm. Insulasi dinding reaktor dengan panjang 50 cm, lebar 2,54 cm dan tinggi 80 cm. Reaktor terbuat dari bahan besi sedangkan insulasi terbuat dari keramik. Gambar 2 menampilkan rancangan reactor gasifikasi dan proses gasifikasi.



Gambar 2. (a) Reaktor gasifikasi tipe *updraft*, (b) Lidah api dari tutup atas, (c) Lidah api dari pipa keluaran

3.1 Pengukuran temperatur

Pengukuran temperatur dilakukan untuk mengetahui perubahan temperatur pada setiap proses yang meliputi pengeringan, pirolisis dan gasifikasi. Data perubahan temperatur selama proses ditampilkan pada gambar 3.



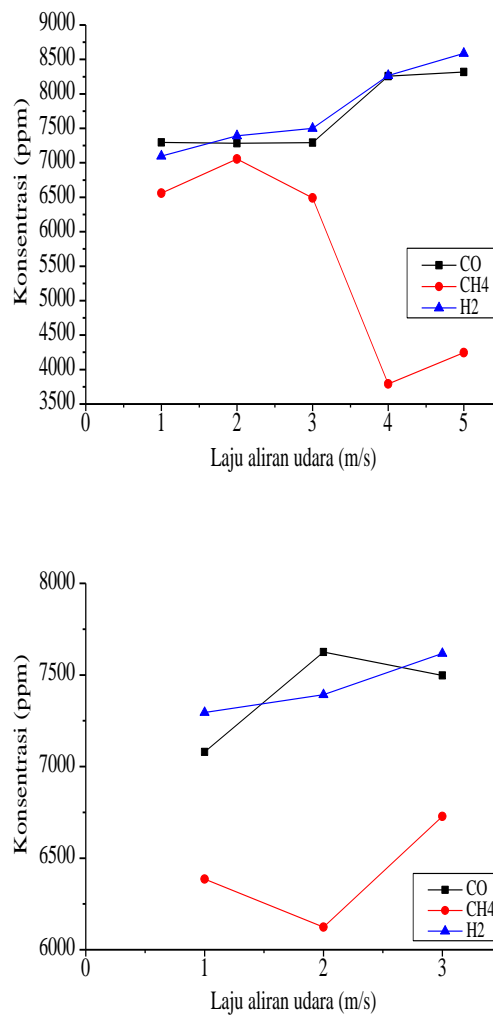
Gambar 3. Pengaruh laju aliran udara terhadap temperatur rata-rata selama proses gasifikasi pada bonggol jagung (BG) dan sekam padi (SP)

Pada gambar 3 temperatur rata-rata gasifikasi bonggol jagung lebih tinggi dari sekam padi. Hal ini disebabkan karena nilai kalor bonggol jagung (6000 kal/g)

lebih besar dari nilai kalor sekam padi (3000 kal/g). Nilai temperatur rata-rata gasifikasi bonggol jagung dan sekam padi untuk laju aliran udara 1 m/s tidak berbeda jauh, tetapi untuk laju aliran udara lebih besar dari 1 m/s perbedaan temperatur rata-rata kedua bahan biomassa ada perbedaan yang besar. Hal ini disebabkan karena konsentrasi udara yang semakin banyak akan meningkatkan pembakaran dan kenaikan temperature bonggol jagung yang nilai kalornya lebih tinggi dibandingkan sekam padi. Sementara itu, nilai temperature rata-rata sekam padi yang teramati hanya pada laju aliran udara 1-3 m/s. Hal ini disebabkan karena kebocoran yang terjadi pada reaktor gasifikasi.

3.2 Pengukuran konsentrasi kandungan gas mampu bakar

Pengukuran konsentrasi kandungan gas mampu bakar diukur dari mulai proses pengeringan, pirolisis hingga gasifikasi. Data konsentrasi kandungan gas diambil dari mulai harga temperatur mendekati temperatur gasifikasi selama waktu tertentu kemudian diambil harga rata-ratanya. Hasil pengukuran konsentrasi CO, H₂ dan CH₄ terhadap variasi laju aliran udara untuk bonggol jagung dan sekam padi ditampilkan pada gambar 4.

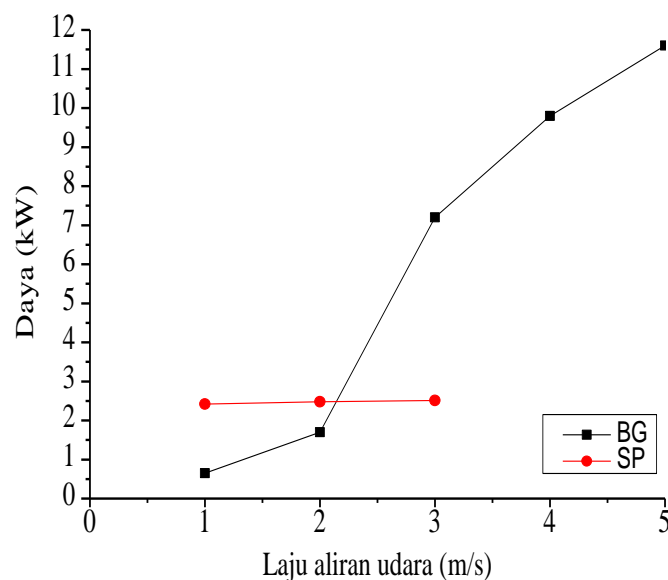


Gambar 4. Grafik konsentrasi CO, H₂, dan CH₄ terhadap laju aliran udara untuk bahan biomassa bonggol jagung (atas) dan sekam padi (bawah)

Berdasarkan gambar 4 peningkatan jumlah konsentrasi gas mampu bakar terjadi pada laju aliran udara lebih besar dari 2 m/s khususnya untuk gas mampu bakar berupa CO dan H₂. CO dihasilkan dari reaksi C dengan O₂ (reaksi oksidasi) dan C dengan CO₂ (reaksi Boudourd). H₂ dihasilkan dari reaksi antara CO dengan H₂O (reaksi pergeseran gas udara), dengan CH₄ dan dengan H₂O. H₂ juga dihasilkan dari reaksi dan C dengan H₂O (reaksi gas air). Sedangkan CH₄ dihasilkan dari reaksi antara C dan H₂ (reaksi metanasi). Berdasarkan jumlah reaksi yang terjadi maka konsentrasi H₂ lebih besar dari konsentrasi CO dan CH₄. Menurut Belonia gas metana (CH₄) hanya akan dihasilkan jika reaktor gasifikasi beroperasi pada temperature antara 400 sampai 500°C [1].

3.3 Daya gas mampu bakar

Perhitungan daya yang dihasilkan oleh gas mampu bakar dapat dilakukan dengan cara mengalikan volume komponen gas mampu bakar dengan nilai kalor dari komponen tersebut dibagi waktu gasifikasi. Volume komponenn gas diperoleh dari perkalian konsentrasi total gas dengan debit aliran gas pada pipa keluaran (m³/s) dan dengan 0,72 sebagai faktor koreksi terhadap total komponen gas yang terbentuk. Hasil perhitungan volume komponen gas dari bonggol jagung dengan laju aliran udara 1 m/s untuk masing-masing H₂, CO dan CH₄ adalah 31,97 ml, 30,80 ml dan 27,13 ml. Dengan cara yang sama diperoleh volume komponen gas dari bonggol jagung dengan laju aliran udara 2-5 m/s dan juga untuk sekam padi dengan semua variasi laju aliran udara. Adapun nilai kalor H₂, CO dan CH₄ masing-masing adalah 10788 kJ/m³, 12622 kJ/m³ dan 35814 kJ/m³[7]. Hasil perhitungan daya ditampilkan pada gambar 5.



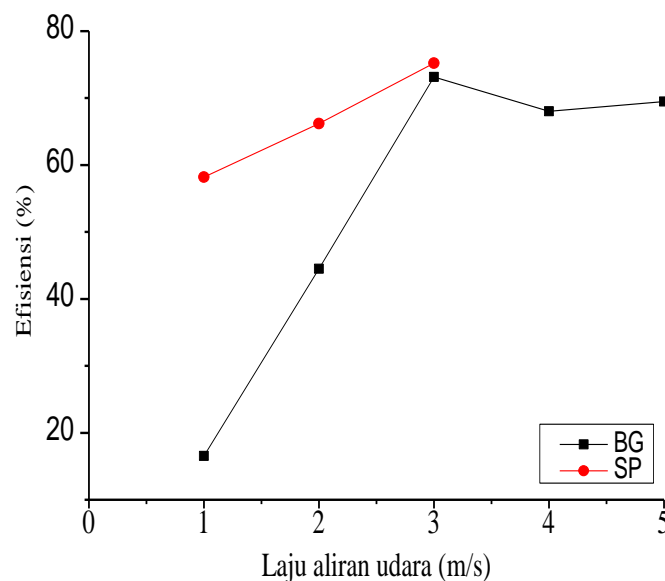
Gambar 5. Kurva daya gas mampu bakar terhadap laju aliran udara

Pada gambar 5 nilai daya gas mampu bakar dari sekam padi tidak ada perbedaan yang besar untuk setiap variasi laju aliran udara. Hal ini sesuai dengan produksi gas mampu bakar yang hampir sama nilainya untuk setiap variasi alju aliran udara seperti pada gambar 4. Demikian pula untuk nilai daya gas mampu bakar dari

bonggol jagung. Pada nilai daya gas mampu bakar terdapat perbedaan yang besar untuk setiap variasi laju aliran udara.

3.4 Efisiensi reaktor

Nilai efisiensi reaktor dihitung dengan membandingkan daya output gas mampu bakar dan daya input bahan bakar saja tanpa memperhitungkan daya listrik yang digunakan untuk menghidupkan *blower*. Nilai kalor biomassa bonggol jagung sebesar 15.400 kJ/kg dan nilai kalor sekam padi 14.400 kJ/kg.[8]. Nilai efisiensi terhadap laju aliran udara untuk bonggol jagung dan sekam padi ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Kurva efisiensi gasifikasi terhadap laju aliran udara

Pada gambar 6 terlihat nilai efisiensi maksimum terjadi pada laju aliran udara 3m/s yaitu sebesar 75,18 % untuk sekam padi, dan 73,16 % untuk bonggol jagung. Pada laju aliran 3 m/s memang daya yang dihasilkan tidak begitu besar apabila dibandingkan dengan laju aliran 4 m/s dan 5 m/s tetapi lama proses gasifikasi yang berbeda jauh menyebabkan jumlah gas mudah terbakar yang dikeluarkan oleh reaktor menjadi lebih banyak. Penelitian yang dilakukan oleh Alpina Singh, dkk (2015) menghasilkan nilai efisiensi reaktor gasifikasi sebesar 80,04% [7].

4. Kesimpulan

Telah dirancang reaktor gasifikasi tipe *updraft* dengan temperature gasifikasi mencapai 866 °C pada laju aliran udara 4,8 m/s. Selama proses gasifikasi bonggol jagung berlangsung, nilai konsentrasi CH₄, CO dan H₂ paling optimal terjadi pada laju aliran udara 5 m/s dengan nilai rata-rata konsentrasi CH₄ sebesar 3791,4 ppm, CO sebesar 8959,4 ppm dan H₂ sebesar 8267,1 ppm. Sementara pada sekam padi didapatkan nilai CO sebesar 7497 ppm, CH₄ sebesar 6728 ppm dan H₂ sebesar 7617 ppm pada 3 m/s. Pengambilan data sekam padi tidak dapat dilakukan pada laju aliran udara diatas 3 m/s karena dinding bagian dalam reaktor meleleh saat

dilakukan percobaan pada laju aliran 5 m/s sehingga tidak didapatkan nilai konsentrasi gas mampu bakar.

Dari penelitian ini juga didapat nilai energi gas mampu bakar bonggol jagung dan sekam padi dengan variasi aliran udara 1-5 m/s. Nilai energi terbesar untuk biomassa bonggol jagung adalah sebesar 11,6 kW pada laju aliran 5 m/s sementara untuk sekam padi didapatkan nilai energi terbesar adalah 2,51 kW pada laju aliran 3 m/s. Didapatkan juga nilai efisiensi dari reaktor sebesar 73,16 % untuk bahan biomassa bonggol jagung dengan laju aliran 3m/s, dan 75,18 % untuk bahan biomassa sekam padi pada laju aliran 3 m/s.

Daftar Pustaka

1. Belonio, Alexis T. *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Philipphins: Central Philippine University, 2005.
2. E. Oveis, S. Sokhansanj, A. Lau, J. Lim, X. Bi, F. Preto, C. Mui. 2018. *Characterization of Recycled Wood Chips, Syngas Yield, and Tar Formation in an Industrial Updraft Gasifier*. Canada: MDPI Publication.
3. E. Oveisi, S. Sokhansanj, A. Lau, C.J. Lim, X. Bi, M. Ebadian, F. Preto, C. Mui, R. Gill, *In-Depot Upgrading The Quality Of Fuel Chips For A Commercial Gasification Plant*. Canada : Biomass Bioenergy, Vol. 108 (2018) 138–145.
4. T. K. Sarkar, M, A, Awal, M. Ahiduzzaman, M. Akhtaruzzaman, M. A. Hossen. *Evaluation Of Husk Fedded Modified Updraft Gasifier*. J. Eco-friendly Agril. Vol. 5 No. 06 (2012) 61-68.
5. S. Kheawhom, P. Bumroongsri. *Modeling of a Small-scale Biomass Updraft Gasifier*. J. Chemical Engineering Transaction Vol 37 (2014) 217-222.
6. A. W. Wusana, H. S. Pranolo, G. Noroochadi, L. M. Ratna, Perancangan dan Uji Kinerja Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Skala Kecil. *Ekuilibrium* Vol 9 No 1 (2010) 29-33.
7. A. Singh, N. K. Srivastava, V. Yadav, D. Kumar, *Thermodynamics Study and Improving Efficiency of Biomass Gasifier*. India : Advance Research in Electrical and Electronic Engineering. Vol. 2. No. 5 (2015) 47 – 51.
8. T. Iskandar, Identifikasi Nilai Kalor Biochar Dari Tongkol Jagung Dan Sekam Padi Pada Proses Pirolisis. Malang, J. Teknik Kimia Vol. 7. No. 1 (2012).