

PENGARUH KOMPOSISI BIOMASSA DAN BATUBARA TERHADAP PERFORMANSI CO-GASIFIKASI SIRKULASI FLUIDIZED BED

I Ketut Wijaya, I Nyoman Suprapta Winaya, dan
I Wayan Widhiada

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana,
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

Abstrak

Teknologi co-gasifikasi circulating fluidized bed adalah pengkonversian dua campuran bahan bakar padat terfluidakan secara termokimia menjadi bahan bakar gas mudah terbakar. Proses ini memerlukan sekitar 50% udara pembakaran. Batubara adalah sumber energi fosil yang paling siap untuk menggantikan peran minyak bumi sedangkan serbuk kayu adalah biomassa yang dapat digunakan sebagai sumber energi ramah lingkungan. Reaktor Gasifier circulating Fluidized Bed yang digunakan untuk penelitian berdiameter 96cm dengan tinggi 162cm dan ketebalan 3 mm dengan bahan plat stainless steel sc 20. Komposisi campuran bahan bakar yang digunakan adalah 30% batu bara: 70% serbuk kayu dengan membandingkan hasil tanpa system circulating fluidized bed. Temperatur operasi dalam penelitian ini adalah 600 °C. Hasil dari pengujian, didapat kan kandungan CO tertinggi dihasilkan pada system circulating fluidized bed sebesar 20,99%. Hal ini disebabkan karena komposisi bahan bakar serbuk kayu yang lebih banyak dari batubara. Persentase kandungan CO₂ yang paling rendah terdapat pada variasi komposisi campuran bahan bakar 30% batubara dan 70% serbuk kayu. Dari data hasil perbandingan co-gasifikasi dengan system fluidized bed dengan co-gasifikasi yang dilengkapi dengan recirculating fluidized bed, ternyata pada co-gasifikasi dengan system sirkulasi fluidized bed kandungan gas CO yang didapatkan prosentasenya lebih tinggi.

Kata Kunci: Gasifier circulating fluidized bed, campuran batubara dan serbuk kayu

Abstract

Co-gasification circulating fluidized bed technology is the conversion process of two mixed solid fuel into combustible gas thermochemical. This process requires about 50% of air combustion. Coal is the most effective fossil energy source to replace petroleum, while saw dust is a biomass that can be used as an eco-energy source. Circulating Fluidized Bed Gasifier reactor used for the research had 96cm diameter with 162cm height and 3 mm thickness with 20 sc stainless steel plate. The fuel mixture composition 30% coal: 70 % saw dust. By comparing the gas and temperature result without circulating system versus with circulating fluidized bed. The temperature of this study was 600 C. The results of the test, obtained the highest content of CO gas produced by composition of 30% coal and 70% saw dust, it was 20,99%. This was because the saw dust fuel composition was more than coal composition. The percentage of the lowest CO₂ contained in the fuel composition of 30% coal and 70% saw dust. Based on the comparison result of co-gasification without circulating fluidized bed and with circulation fluidized bed, the circulation fluidized bed more efficient then co-gasification without circulating fluidized bed. The CO gas percentage demand output from co-gasification circulating fluidized bed is higher.

Keywords: *Circulating fluidized bed gasifier, mixture of coal and saw dust.*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan konsumsi energi listrik sebesar 15% per tahun membuat hal ini setara dengan tingkat pertumbuhan energi total secara umum, yang mencapai diatas 8% per tahun dalam kurun waktu 15 tahun, jauh diatas tingkat pertumbuhan energi negara industri sebesar 3% per tahun (Yusgiantoro,P.2006). Tindakan yang telah dilakukan pemerintah selama ini, belum menjawab persoalan krisis energi listrik di Indonesia.

Sebenarnya ada banyak cara untuk mengatasi permasalahan tersebut, mulai dari penghematan energi listrik sampai dengan pengembangan sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dengan kata lain energi baru dimanfaatkan sebagai pemasok utama untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Kontribusi energi baru dan terbarukan dalam campuran energi primer nasional adalah sebesar 17% dengan komposisi bahan bakar nabati sebesar 5%, panas bumi 5%, biomasa, nuklir, surya, air, dan angin 5%, serta batubara yang dicairkan sebesar 2% (*United Nations Environment Programme, 2006*). Di negara maju pemanfaatan teknologi gasifikasi sudah banyak digunakan untuk mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (gas produser) secara thermokimia, khususnya untuk biomassa (limbah pertanian, perkebunan, dan limbah padat berupa sampah) dan bahan bakar fosil (batu bara). Khusus nya untuk limbah sampah kota yang terdiri dari berbagai jenis limbah padat masih terus dalam pengembangan untuk mencapai hasil yang maksimal.

Gasifikasi adalah proses mengkonversikan bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas. Berdasarkan arah alirannya gasifikasi dibedakan menjadi tiga jenis moda operasional, yaitu aliran gas ke atas (updraft), aliran gas ke bawah (downdraft) dan aliran gas silang (cross flow). Yang membedakan ketiga jenis ini adalah arah keluaran gas hasil dari gasifikasi.

Circulating Fluidized Bed dan non circulating fluidized bed Reaktor adalah adalah jenis reaktor kimia yang dapat digunakan untuk mereaksikan bahan bakar dalam keadaan banyak fasa. Reaktor jenis ini menggunakan fluida (cairan atau gas) yang dialirkan melalui katalis padatan (biasanya berbentuk butiran-butiran kecil) dengan kecepatan yang cukup sehingga katalis akan terolak sedemikian rupa dan akhirnya katalis tersebut dapat dianalogikan sebagai fluida juga. Teknologi gasifikasi *fluidized bed* merupakan salah satu teknologi alternatif terbaik untuk mengkonversi bahan bakar sampah menjadi gas mampu bakar (Nowicki dkk, 2008). Dalam penelitian ini akan menganalisis pengaruh komposisi bahan bakar campuran batubara dan biomassa terhadap performansi gas yang dihasilkan gasifier. Diharapkan dengan penelitian ini dapat membantu pemerintah kota untuk mengurangi tumpukan sampah yang terdapat diberbagai Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Parameter –Parameter Proses Gasifikasi

Ada pun parameter - parameter penting yang perlu diperhatikan dalam proses gasifikasi, adalah sebagai berikut :

a). Temperatur gasifikasi yang digunakan adalah 600° C karena dalam tahap pertama gasifikasi adalah pengeringan untuk menguapkan kandungan air dalam batu bara dan biomassa agar menghasilkan gas yang bersih. Untuk mempertahankan temperatur, maka tangki reaktor diisolasi dengan bata tahan api agar tidak ada panas yang keluar ke lingkungan sehingga efisiensi reaktor menjadi baik.

b). FCR (*Fuel Consumption Rate*)

Biomassa yang dibutuhkan pada proses gasifikasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$FCR = \frac{\text{berat biomassa tergasifikasi}}{\text{waktu oprasional}} \quad (1)$$

$$= \frac{\text{berat biomassa} - \text{berat arang}}{\text{waktu oprasional}} \quad (2)$$

c). GFR (*Gas Fuel Ratio*).

GFR (*Gas Fuel Ratio*) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$GFR = \frac{\text{laju aliran gas producer}}{FCR} \quad (3)$$

d.) % Char

% char adalah perbandingan banyaknya arang yang dihasilkan dengan banyaknya biomassa yang dibutuhkan. % char dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\% \text{ char} = \frac{\text{arang}}{\text{berat biomassa}} \times 100\% \quad (4)$$

e). Waktu konsumsi bahan bakar

Waktu konsumsi bahan bakar dapat dihitung menggunakan rumus :

$$T = \frac{\rho \times V_T}{FCR} \quad (5)$$

Dimana:

FCR = *Fuel Consumption Rate* (kg/hr)

T = Waktu konsumsi bahan bakar (hr)

ρ = Massa jenis Bahan bakar (kg/m³)

f). Jumlah udara dibutuhkan untuk gasifikasi

Jumlah udara gasifikasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$AFR = \frac{\varepsilon \times FCR \times SA}{\rho_a} \quad (6)$$

Dimana:

AFR = *Air Fuel Rate* (tingkat aliran udara) (m³/jam)

FCR = *Fuel Consumption Rate* (kg/jam)

ρ_a = Massa jenis udara (1,25 kg/m³)

ε = Rasio ekuivalensi (0,3-0,4)

SA = Udara stoikiometri dari bahan bakar padat

Efisiensi Gasifikasi

Efisiensi gasifikasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta_{\text{gasifikasi}} = \frac{\text{Energi yang dihasilkan}}{\text{energi input}} \quad (7)$$

Volume dan Luas Permukaan Padatan

Volume padatan:

$$V_s = \frac{\text{mass}}{\text{density}} \quad (\text{m}^3) \quad (8)$$

Luas permukaan padatan:

$$A_s = \frac{6 V_s}{\varphi d_m} \quad (\text{m}^2) \quad (9)$$

Dimana: A_s = luas permukaan padatan (m^2)

V_s = volume padatan (m^3)

φ = *sphericity* (faktor kebolaan)

d_m = diameter rata-rata (m)

Kecepatan Minimum Fluidisasi (U_{mf})

Untuk menentukan bilangan *Reynolds* (Re_{mf}) dengan menggunakan *Ergun equation* sebagai berikut:

$$A_r = 150 \frac{(1 - \varepsilon_{mf})}{\varphi^2 \varepsilon_{mf}^3} Re_{mf} + \frac{1,75}{\varphi \varepsilon_{mf}^3} Re_{mf}^2$$

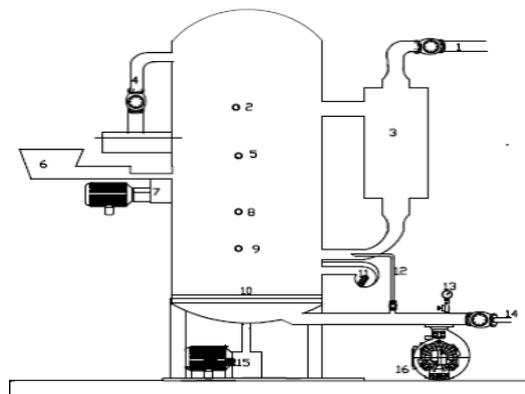
Setelah bilangan Reynolds dapat dihitung dengan rumus di atas, maka kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U_{mf} = \frac{Re_{mf} \times \mu}{\rho_g \times d_g} \quad (\text{m/s}) \quad (10)$$

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengujian gasifikasi ini menggunakan peralatan dan bahan sebagai berikut:

2.1 Skema Reaktor Gasifikasi Circulating Fluidized Bed



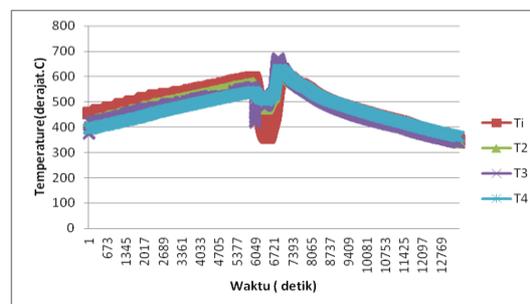
Gambar 1. Skema reaktor circulating fluidized bed gasifier

Gambar 1 diatas adalah skema reaktor yang akan digunakan untuk penelitian. Pertama material hamparan dimasukan kedalam reaktor melalui bagian atas reaktor, dimana material

hamparan yang digunakan adalah pasir silika (nomor 10). Pasir silika berfungsi sebagai penyimpan panas di dalam reaktor, itu dikarenakan apabila pasir silika dipanaskan hingga temperatur 600°C maka pasir silika akan berubah menjadi bara. Setelah pasir silika dimasukkan langkah selanjutnya adalah menghidupkan *burner* (nomor 11) hingga mencapai temperatur 600°C. Sesaat setelah *burner* dihidupkan barulah plat distributor (nomor 15) digerakkan, ini berfungsi untuk menyamaratakan temperatur operasi di setiap sisi dasar reaktor. Setelah temperatur operasi didapat, langkah selanjutnya adalah memasukan campuran bahan bakar serbuk kayu dan batubara kedalam reaktor dengan bantuan *fuel feeder* (nomor 6). *Fuel feeder* dan plat distributor dapat digerakkan karena adanya bantuan dari *gear* rasio (nomor 15) dan dinamo motor (nomor 4). Setelah campuran bahan bakar masuk ke dalam reaktor barulah blower (nomor 1) dihidupkan, ini berfungsi sebagai agen gasifikasi dimana udara yang dihembuskan oleh blower berasal dari udara lingkungan. Untuk mendapatkan hasil gas gasifikasi, udara yang masuk kedalam reaktor melalui blower harus disesuaikan dengan bantuan gate valve (nomor 14). Setelah udara yang dihembuskan oleh blower disesuaikan, barulah akan terjadi proses gasifikasi dimana gas mampu bakar akan langsung dihasilkan dan menuju ke *cyclone* (nomor 1). Di *cyclone* akan terjadi pemisahan gas *producer* dengan abu yang terbawa dari dalam reaktor. Dimana gas hasil gasifikasi akan naik untuk mencari tekanan yang lebih rendah sedangkan abu, akan turun menuju *water tank* (nomor 3). Apabila di dalam reaktor terjadi tekanan yang berlebihan, maka tekanan yang berlebihan itu akan keluar melalui *safety valve* (nomor 4).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

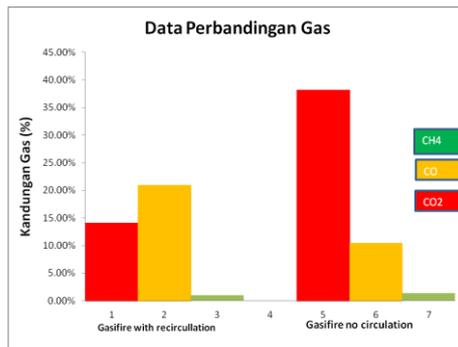
3.1. Distribusi Temperatur Reaktor



Gambar 2. Grafik distribusi temperatur untuk komposisi campuran 70% serbuk kayu : 30% batubara

Dari gambar 2, dapat dilihat temperatur T_1 untuk komposisi campuran 70% serbuk kayu :30% batu Bara adalah 600 °C dan temperatur T_2 573 °C, T_3 560 °C dan T_4 541°C. Begitu temperature mencapai 600°C,pada 6409 detik operasi burner dilepas seperti pada graphic diatas maka temperature turun sampai 395°C karena ada proses pemasukan campuran bahan bakar serbuk kayu dan batu bara. Selanjutnya proses gasifikasi terjadi sampai keluar syngas dan puncak temperature tertinggi terjadi pada T_3 yaitu mendekati suhu 700°C.

3.2. Analisis Perbandingan Data Gas Hasil Gasifikasi Tanpa Sirkulasi Dengan Gasifikasi Sirkulasi Terhadap Gas Hasil Proses Gasifikasi



Gambar 3. Grafik perbandingan antara reactor gasifikasi resirkulasi dan reactor gasifikasi tanpa sirkulasi terhadap persentase kandungan gas

Dari gambar 3, dapat dilihat kandungan CO tertinggi dihasilkan oleh reaktor gasifikasi yang dilengkapi dengan resirkulasi sebesar 20,99% CO atau dua kali lipat dari hasil gasifikasi tanpa sirkulasi. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembakaran pada reaktor yang dilengkapi dengan sistem resirkulasi pembakarannya lebih sempurna dan hampir semua bahan bakar serbuk kayu dan batubara habis terbakar. Gas CO_2 yang dihasilkan pun jauh lebih sedikit yaitu pada reaktor gasifikasi dengan sistem resirkulasi, gas CO_2 10,09% sedangkan pada reaktor gasifikasi tanpa sirkulasi gas CO_2 dihasilkan 38,26 %.

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan pada gasifier dengan sistem *co-gasification Circulating fluidized bed* dapat disimpulkan bahwa pada variasi komposisi campuran bahan bakar 70% serbuk kayu: 30% batubara terjadi peningkatan kandungan gas mampu bakar (CO) dan penurunan hasil gas CO_2 . Itu artinya reaktor dengan system yang dilengkapi dengan proses resirkulasi lebih effective dibandingkan dengan reaktor yang tanpa menggunakan system resirkulasi. Apabila pada reaktor dilengkapi dengan system resirkulasi hasil yang akan diperoleh akan semakin sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaya Kelana K. "Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Bahan Bakar Serbuk Kayu Dan Batu Bara Terhadap Performansi Fluidized Bed Gasifier, Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, 2014.
- [2] Prabir Basu, Scott A. Fraser "Circulating Fluidized Bed Boiler" design and operation library cataloging-in-publication Data, 1946.
- [3] United Nations Environment Programme. 2006. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*.
- [4] Norwick, L., Bedyk, T., Stolarek, P., Ledakowicz, S. (2008). *Fluidized Bed Gasification to Convert Waste into Syngas*.
- [5] Winaya Suprpta, I N., Sucipta, I M., dan Susila I D M. 2011. "Pengaruh Temperatur Operasi dan Kecepatan Superficial Terhadap Komposisi Gas Produser pada Gasifikasi.
- [6] *Fluidized Bed Berbahan Bakar Sampah Terapung*". Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM, vol. 5, No. 1, April 2011, hlm. 85-90.
- [7] Yusgiantoro, P. (2006) "Energy Strategy Of Indonesia". *Proceedings The international Energy conference 6th CoalTech, Bali 4-5, P.4*.