

Gasifier Batubara Unggun Bergerak (*Moving-bed*) Dilengkapi Pipa Hisap (*Draft Tube*)

Bambang Suwondo Rahardjo

BPP Teknologi, Gedung II Lantai 22 Jl. M.H. Thamrin No.8 Jakarta 10340

E-mail: bamsr52@yahoo.co.id

Abstrak

Percobaan gasifikasi batubara menggunakan gasifier ungun bergerak yang dilengkapi pipa hisap telah berhasil dilakukan pada suhu reaksi sekitar 870°C yang secara komparatif rendah untuk jenis gasifier batubara. Reaksi endotermis gasifikasi batubara terpisah dari panas pemberian proses hasil pemanasan sejumlah tertentu katalis serbuk keramik merah di dalam pipa hisap dengan membakar sebagian produk gas menggunakan udara yang disirkulasikan di dalam pipa hisap, siklon dan gasifier ungun bergerak, sehingga diperoleh produk gas kalori tinggi yang kaya gas hidrogen. Produk gas mengandung 60% vol H_2 dengan nilai kalori mencapai 10 MJ/Nm^3 menggunakan udara sebagai oksidan. Efisiensi maksimum gasifikasi batubara mencapai 92%.

Kata kunci : Gasifier batubara ungun bergerak, pipa hisap, katalis dan serbuk keramik merah.

Abstract

Coal gasification experiments have been successfully carried out using the moving-bed gasifier at the temperature of reaction around 870°C which is comparatively low for coal gasifiers. The endothermic reaction of coal gasification is separated from the heat providing process with a certain amount of red-hot ceramic particles, which are heated in the draft tube by burning part of the product gas with air then circulated within the draft tube, the cyclone and the moving bed gasifier, so that can be obtained rich hydrogen product gas with high calorific value. Product gas containing hydrogen as high as 60 % vol and the calorific value of the product gas can reach 10 MJ/Nm^3 when air is used as oxidant. Maximum coal gasification efficiency may reach 92%.

Ke words: Moving-bed coal gasifier, draft tube, catalyst and red-hot ceramic.

1. Pendahuluan

Banyak jenis gasifier yang berbeda, sebagai contoh, ungun tetap (*fixed-bed*), ungun bergerak (*moving-bed*), ungun mengambang (*fluidized-bed*) dan ungun pancaran (*spouted-bed*) telah digunakan dalam penelitian dan pengembangan skala laboratorium maupun skala industri [1-6]. Meskipun masing-masing gasifier tersebut memiliki kelebihan khusus, namun keberadaan gas buang tertentu masih terkandung di dalam produk gas, akibat pembakaran batubara menggunakan O_2 ataupun udara secara langsung untuk memberikan panas yang diperlukan oleh reaksi endotermis dari proses gasifikasi batubara.

Gasifier jenis ungun bergerak yang dilengkapi dengan pipa hisap (*draft tube*) memiliki karakteristik antara lain: (i) produk gas kaya akan H_2 (hidrogen) dengan nilai kalori tinggi, karena panas reaksi endotermis proses gasifikasi batubara dipisahkan dari panas pemberian proses yang diperoleh melalui pemanasan sejumlah serbuk keramik merah di dalam pipa hisap dengan membakar sebagian produk gas menggunakan udara kemudian disirkulasikan di dalam pipa hisap, siklon dan gasifier ungun bergerak; (ii) abu, batubara yang tidak tergasifikasi dikeluarkan secara gravitasi dari bagian bawah gasifier kemudian dihembuskan ke atas dengan udara tekan menggunakan kompresor melalui pipa hisap dan dipisahkan di dalam

siklon; (iii) penambahan serbuk halus batubara diperlukan untuk memindahkan efektifitas panas berlebih antara batubara dan serbuk keramik merah yang panas di dalam *gasifier* unggun bergerak.

Penelitian ini ditujukan untuk menguji perilaku atau kinerja *gasifier* unggun bergerak yang dilengkapi pipa hisap (*draft tube*) menggunakan umpan batubara dan katalis K_2CO_3 dengan media gasifikasi uap air (*steam*) dalam memproduksi gas medium-kalori.

2. Percobaan

2.1. Peralatan

Gambar 1 menunjukkan peralatan percobaan *gasifier* unggun bergerak yang secara keseluruhan terisolasi asbes, terdiri dari alas gerak berbentuk kerucut (60° , diameter dalam 51,6 cm), pipa hisap (*draft tube*, diameter dalam 1,09 cm dan panjang 73 cm) dan siklon. Kerucut alas gerak memiliki 40 lubang kecil untuk memasok uap air (*steam*). Jarak antara dasar alas gerak dan pipa hisap = 0,6 cm. Termokopel dipakai untuk mengukur suhu unggun bergerak. Saringan kawat terdapat di atas pipa hisap udara masuk untuk mencegah batubara yang tidak tergasifikasi maupun serbuk keramik tidak jatuh ke bawah.

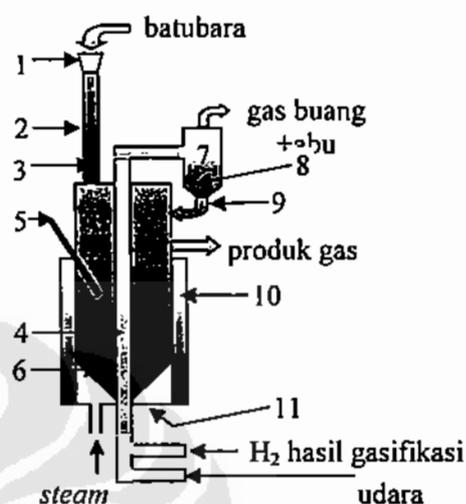
Serbuk batubara diumpankan ke dalam alas gerak dari *hopper* melalui pengumpanan putar (*rotary feeder*). Hidrogen (H_2) dipakai sebagai substitusi gas yang dibakar udara di dalam pipa hisap. Udara selain dipakai sebagai oksidan, juga difungsikan untuk meniup ke atas serbuk keramik, abu dan batubara yang tidak tergasifikasi di dalam pipa hisap. Komposisi gas dianalisis menggunakan GC (*Gas Chromatography*) – 8A SHIMADZU.

2.2. Bahan

- Serbuk batubara dengan karakteristik seperti ditunjukkan pada Tabel 1.
- Katalis K_2CO_3 untuk menjenuhkan batubara dengan ukuran 10^{-3} mol K_2CO_3 per kilogram batubara.
- Serbuk keramik terbuat dari 95% ZrO_2 dan 5% Y_2O_3 dipakai sebagai media

perpindahan panas antara reaksi gasifikasi endotermis di dalam unggun bergerak dan panas pemberian proses pembakaran gas H_2 di dalam pipa hisap.

Karakteristik serbuk keramik ditunjukkan pada Tabel 1 dan data hasil analisis laboratorium batubara ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 1.

Gasifier Unggun Bergerak.

1. Hopper, 2. Rotary Feeder, 3. Batubara, 4. Draft Tube, 5. Termokopel, 6. Unggun Bergerak, 7. Siklon, 8. Serbuk Keramik, 9. Batubara Tak Tergasifikasi, 10. Pemanas Listrik, 11. Saringan Kawat

Tabel 1.
Karakteristik Batubara dan Keramik

Serbuk	Diameter rata-rata mm	Kerapatan $kg.m^{-3}$	Kecepatan udara $m.s^{-1}$	
			minimum	maksimum
Batubara	1015	1200	0,41	4,90
Keramik	500	6000	0,48	7,10

Tabel 2.

Analisis Proksimat dan Ultimat Batubara

Analisis Proksimat, (%adb)			
H_2O	VM	FC	Abu
14,1	42,2	35,0	8,7

Analisis Ultimat, (%daf)				
C	H	N	S	O
62,9	4,5	0,90	0,02	21,3

Tabel 3
Kondisi Operasi Percobaan

Suhu reaksi gasifikasi 860-890°C			
Batubara		Keramik	
Laju umpan		Laju sirkulasi	
g.s ⁻¹	kg	g.s ⁻¹	
0,114	1,2	6	8
Udara	Steam	H ₂	
Laju umpan, L.s ⁻¹			
1,184	0,426	0,4	

2.3. Metodologi

- Batubara disaring dan dipreparasi awal dengan menjenuhkan menggunakan katalis K₂CO₃ (10⁻³ mol K₂CO₃ per kg batubara).
- Sebelum percobaan, serbuk keramik dipak dan diletakkan di atas alas gerak *gasifier*.
- Pemanasan awal *gasifier* menggunakan pemanas listrik untuk mempercepat pencapaian suhu hingga 300°C.
- Pengaliran udara tekan untuk mensirkulasi serbuk keramik di dalam pipa hisap, siklon dan alas gerak.
- Ketika suhu unggun mencapai 610°C, diumpankan gas H₂ ke dalam pipa hisap dan dibakar dengan udara untuk memanaskan serbuk keramik.
- Saat suhu mencapai 865°C, diumpankan serbuk batubara dan *steam* ke dalam unggun bergerak agar terjadi reaksi gasifikasi.

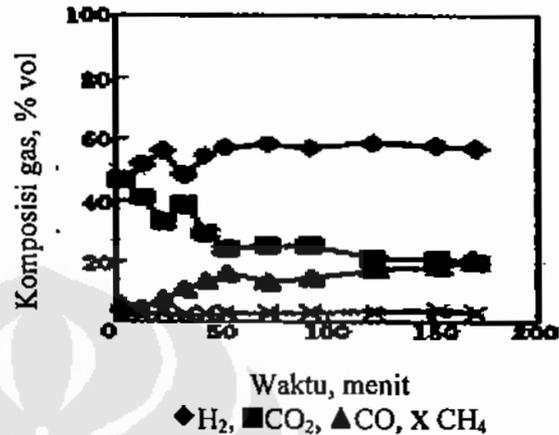
3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian perilaku gasifikasi batubara menggunakan *gasifier* unggun bergerak.

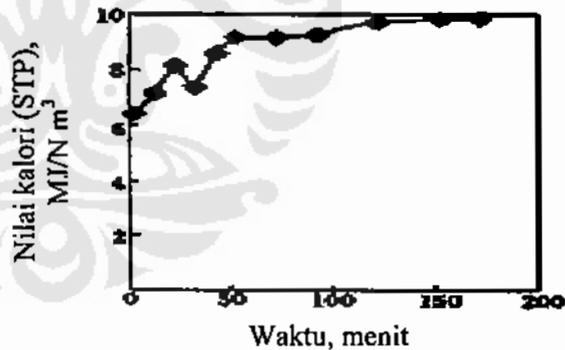
Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa produk gas mengandung H₂ hingga sebesar 60% vol dan nilai kalori dapat mencapai 10 MJ/Nm³ di mana udara dipakai sebagai oksidan, ini merupakan kelebihan tersendiri dari *gasifier* unggun bergerak dibandingkan *gasifier* jenis lain dengan pencapaian efisiensi gasifikasi setinggi 92% seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Suhu reaksi gasifikasi batubara di dalam *gasifier* unggun bergerak dipertahankan

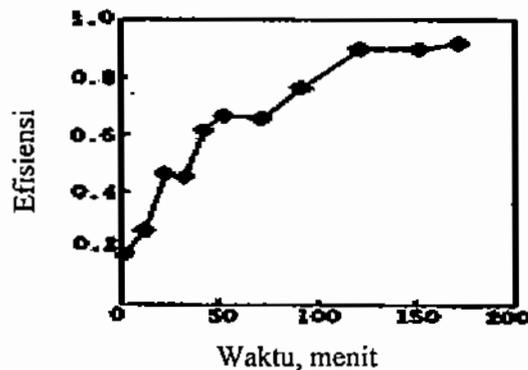
stabil sekitar 870°C seperti ditunjukkan pada Gambar 5, agar proses gasifikasi batubara berlangsung stabil dengan pertimbangan suhu reaksi secara komparatif rendah karena pembakaran H₂ tidak dilakukan di dalam unggun bergerak. Dengan demikian, ketersediaan energi panas berlebih di dalam unggun bergerak dipakai proses gasifikasi batubara.



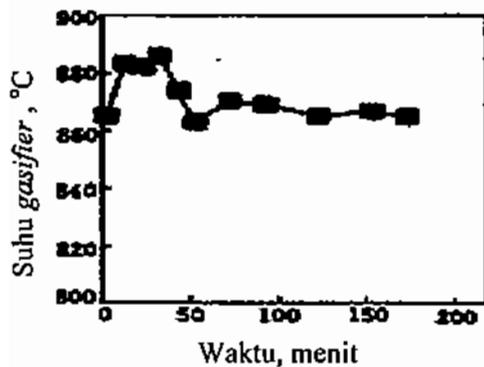
Gambar 2
Komposisi Produk Gas vs Waktu



Gambar 3
Nilai kalori Produk gas vs Waktu



Gambar 4
Efisiensi Gasifikasi vs Waktu



Gambar 5
Suhu Gasifier vs Waktu

Efisiensi gasifikasi batubara ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{CV \text{ gas} \times \text{Laju produksi gas}}{CV \text{ batubara} \times \text{Laju umpan batubara}}$$

di mana:

$$\eta = \text{Efisiensi gasifikasi}$$

$$CV = \text{Nilai kalori}$$

Berikut reaksi gasifikasi batubara yang terjadi [5]:

- (1) $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$
- (2) $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$
- (3) $2C + H_2 + H_2O \rightarrow CO + CH_4$
- (4) $C + CO_2 \rightarrow 2CO$

Seperti ditunjukkan pada reaksi (1) hingga reaksi (4), %CO di dalam produk gas seharusnya lebih tinggi daripada %H₂, namun yang terjadi dalam percobaan ini sebaliknya %H₂ lebih tinggi daripada %CO. Selain itu, %CH₄ sangat rendah meskipun suhu reaksi gasifikasi batubara secara komparatif rendah. Phenomena ini telah juga diobservasi pada referensi [6], kemungkinan besar disebabkan oleh karena menggunakan rasio *steam*/batubara yang tinggi sehingga terjadi reaksi sekunder antara *steam* dengan CH₄ dan CO seperti berikut di bawah ini:

- (5) $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$
- (6) $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

sehingga keberadaan H₂ di dalam produk gas sebesar 60%. Mengenai rumusan abu dan tar di dalam unggun bergerak masih dalam pertimbangan penelitian lebih lanjut.

4. Kesimpulan

Dari uraian tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa reaksi gasifikasi batubara menggunakan *gasifier* unggun bergerak (*moving-bed gasifier*) yang dilengkapi pipa hisap (*draft tube*) berlangsung stabil pada suhu 870°C dengan efisiensi gasifikasi maksimum mencapai 92%. Produk gas medium-kalori (10 MJ/Nm³) yang mengandung 60% gas H₂, di mana udara digunakan sebagai oksidan.

Daftar Acuan

- [1]. Li, B., Fer and Cat., *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 1990, 3, 63.
- [2]. Arnold, M. St. J., Gale J.J., Laughlin, M.K., Can. J., *Chemical Engineering*, 1992, 70 (4), 991.
- [3]. Gururajan, V.S., Agarwal, P.K., Agnew, J.B., *Chemical Engineering Res. Des.*, 1992, 70 (A3), 211.
- [4]. Tsuji, T., Uemaki, O., Can. J. *Chemical Engineering*, 1994, 72 (3), 504.
- [5]. Chatterjee, P.K., Datta, A.B., Kundu, K.M., Can. J. *Chemical Engineering*, 1995, 73 (2), 204.
- [6]. Takarada, T., Sasaki, J., Ohtsuka, Y., Tamai, Y., Tomita, A., *Industrial Engineering. Chemical Res.*, 1987, 26 (3), 627.