

PENGARUH LAJU ALIR UDARA PADA REAKTOR GASIFIKASI BATCH TIPE *DOWNDRAFT* SKALA KECIL DENGAN UMPAN JANGGEL JAGUNG

Fitria Yulistiani¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : fitria.yulistiani@polban.ac.id

ABSTRAK

Proses gasifikasi sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter. Salah satu parameter yang berpengaruh adalah laju alir udara gasifikasi. Agar pengaruh tersebut dapat dipelajari, reaktor gasifikasi yang ada di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung telah dilengkapi dengan alat ukur dan alat pengatur laju alir udara gasifikasi. Variasi laju alir udara gasifikasi adalah 800, 900, dan 1.000 RPM (254,44; 286,25; dan 318,05 cm³/s). Temperatur tertinggi yaitu 600 °C diperoleh pada laju 900 dan 1.000 RPM, sedangkan pada laju 800 RPM temperatur tertinggi hanya mencapai 530 °C. Sehingga laju udara ideal yang dapat dicapai pada penelitian ini adalah 900 dan 1.000 RPM. Komponen yang diinginkan pada gas hasil gasifikasi adalah gas CO dan H₂. Pada laju udara 800 RPM diperoleh gas dengan total kandungan CO dan H₂ 8,43% dan kandungan energi 22.190 kJ/kmol. Pada laju udara 900 RPM diperoleh gas dengan total kandungan CO dan H₂ 0,03% dan kandungan energi 7.067 kJ/kmol. Sedangkan pada laju udara 1.000 RPM diperoleh gas dengan total komponen CO dan H₂ 15,45% dan kandungan energi 39.930 kJ/kmol. Kenaikan laju alir udara gasifikasi tidak secara langsung menghasilkan gas dengan kandungan energi yang semakin meningkat. Pada penelitian ini gas dengan kandungan energi tertinggi dihasilkan pada variasi laju udara 1.000 RPM.

Kata Kunci: Gasifikasi, *downdraft* gasifier, janggél jagung, laju udara, komposisi gas

1. PENDAHULUAN

Limbah biomassa memiliki berbagai variasi rute konversi termokimia. Salah satu rute yang cukup menjanjikan adalah gasifikasi biomassa. Biomassa digasifikasi guna menghasilkan produk gas. Produk gas yang dihasilkan selanjutnya dapat dikonversi menjadi bahan kimia ataupun sumber energi ramah lingkungan melalui berbagai rute proses.

Komposisi gas yang dihasilkan melalui proses gasifikasi sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter. Salah satu parameter yang berpengaruh adalah laju alir udara gasifikasi. Pada tahun 2015 telah dilakukan perancangan dan pembangunan reaktor gasifikasi di Jurusan Teknik Kimia. Sebagai kelanjutan dari penelitian tersebut, dilakukan penyempurnaan reaktor gasifikasi agar dapat diketahui pengaruh laju alir udara gasifikasi terhadap komposisi gas hasil gasifikasi.

Berbagai penelitian telah dilakukan di seluruh dunia untuk mengetahui pengaruh laju alir media gasifikasi, khususnya udara, terhadap gas hasil gasifikasi. Peningkatan laju alir udara dapat memberikan tambahan jumlah oksigen untuk proses oksidasi sehingga semakin banyak biomassa yang dapat terbakar [1]. Kinerja kompor gasifikasi dipengaruhi oleh laju alir udara dan ukuran tipe aliran udara. Komposisi combustible gas yang bernilai paling besar didapatkan pada tipe aliran udara updraft dan laju alir udara 345 cm³/s. Pada kondisi ini gasifier dapat bekerja secara optimal [2]. Sementara itu terdapat pula penelitian yang menyatakan

bahwa peningkatan laju alir udara menyebabkan peningkatan tar pada setiap jenis biomassa yang dipelajari, namun tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap komposisi gas hasil gasifikasi ketika rasio udara terhadap biomassa diubah [3].

Pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung, penelitian ataupun kajian terkait dengan gasifikasi biomassa masih belum dikembangkan lebih lanjut. Pada tahun 2015 telah dilakukan penelitian terkait dengan perancangan dan pembangunan reaktor gasifikasi di Jurusan Teknik Kimia. Sebagai kelanjutan dari penelitian tersebut, pada tahun ini dirancang penelitian untuk dapat menjawab pertanyaan sebagai berikut:

- Apakah reaktor gasifikasi yang sudah ada dapat disempurnakan agar dapat dilakukan variasi laju alir udara gasifikasi?
- Bagaimana pengaruh laju alir udara terhadap gas hasil gasifikasi janggél jagung menggunakan reaktor *downdraft*?

Untuk menjawab rumusan permasalahan di atas dilakukan analisis pengaruh laju alir udara pada reaktor gasifikasi batch tipe *downdraft* skala kecil dengan umpan janggél jagung.

2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menyempurnakan reaktor gasifikasi *batch* tipe *downdraft* skala kecil dengan cara menambahkan perangkat pengatur laju alir udara gasifikasi
2. Mengetahui pengaruh laju alir udara gasifikasi terhadap gas hasil gasifikasi menggunakan reaktor *batch* tipe *downdraft* skala kecil dengan umpan janggel jagung

3. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan variasi laju alir sebesar 800 RPM (254,44 cm^3/s), 900 RPM (286,25 cm^3/s), dan 1000 RPM (318,05 cm^3/s). Selanjutnya dilakukan penentuan kapasitas alat pengatur laju alir udara dan penyempurnaan reaktor gasifikasi. Penentuan kapasitas alat pengatur laju alir disesuaikan dengan kompresor yang telah ada dan alat ukur yang tersedia di pasaran. Setelah reaktor disempurnakan, dilakukan pengambilan data dan analisis gas hasil gasifikasi. Hasil analisis gas kemudian diolah untuk mengetahui pengaruh laju alir udara terhadap gas hasil gasifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyempurnaan Reaktor melalui Penambahan Alat Pengatur dan Alat Ukur Laju Alir Udara Gasifikasi

Untuk mengetahui pengaruh laju alir udara terhadap gas hasil gasifikasi, terlebih dahulu reaktor gasifikasi dilengkapi dengan alat ukur laju alir udara. Alat ukur tersebut berupa pipa kecil yang dipasang pada poros kompresor dan alat ukur yang menembakkan sinar infra merah ke pipa kecil tersebut. Hasil bacaan ditampilkan dalam bentuk RPM pada sebuah layar LED. Tampilan alat ukur ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Ukur Laju Alir Udara

Sedangkan untuk mengatur laju alir udara, reaktor dilengkapi dengan variable speed, yaitu sebuah alat yang membagi kecepatan putaran poros kompresor menjadi 3 rentang yaitu rendah (Low), medium, dan tinggi (High). Alat pengatur laju alir udara ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Alat Pengatur Laju Alir Udara

Hasil pengukuran selanjutnya perlu dikonversi agar dapat diperoleh satuan laju alir volumetrik. Putaran poros dalam satuan RPM dikalikan dengan keliling poros, sehingga diperoleh laju alir dalam satuan cm/menit . Laju alir volumetrik diperoleh dengan cara mengalikan laju alir dengan luas penampang pipa aliran udara. Konversi satuan RPM menjadi satuan cm^3/s diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Konversi Satuan RPM Menjadi Satuan cm^3/s

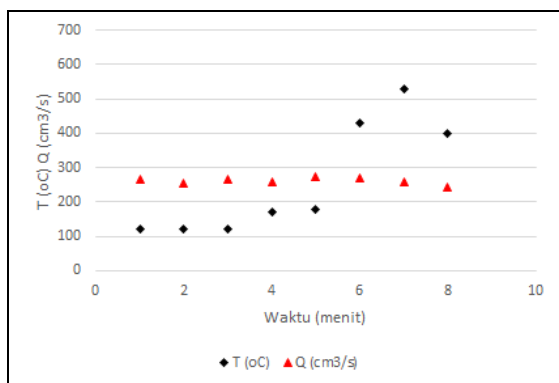
No	RPM	cm^3/s	No	RPM	cm^3/s
1	100	31,81	6	600	190,83
2	200	63,61	7	700	222,64
3	300	95,42	8	800	254,44
4	400	127,22	9	900	286,25
5	500	159,03	10	1.000	318,05
			11	1.100	349,86

4.2. Pengaruh Laju Alir Udara terhadap Temperatur Gas Hasil Gasifikasi

Untuk mengetahui pengaruh laju alir udara, dilakukan 3 variasi laju alir yaitu 800 RPM, 900 RPM, dan 1.000 RPM. Data yang diperoleh, berupa hasil pengukuran temperatur setiap menit untuk variasi laju alir. Data untuk variasi laju alir 800 RPM, diberikan dalam Tabel 2. Data tersebut ditampilkan juga dalam bentuk grafik pada Gambar 3.

Tabel 2. Data Run 1: Q = 800 RPM

Menit ke-	RPM	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (cm^3/s)
1	841,9	120	267,77
2	800,5	120	254,60
3	831,3	120	264,40
4	814,0	170	258,89
5	855,8	180	272,19
6	850,5	430	270,50
7	815,0	530	259,21
8	770,0	400	244,90



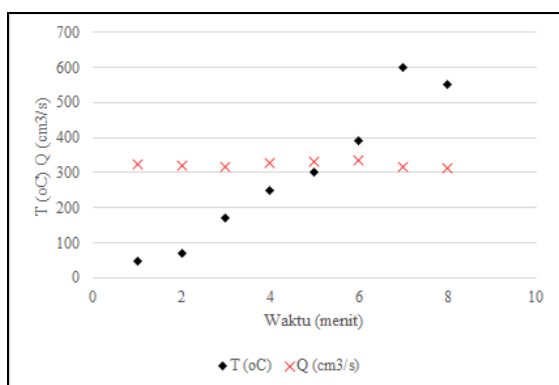
Gambar 3. Profil Temperatur pada Run 1

Dari profil pada Gambar 3 terlihat bahwa temperatur di dalam gasifier mengalami peningkatan hingga menit ke-7 ($T = 530^{\circ}\text{C}$), kemudian mengalami penurunan pada menit ke-8.

Data untuk variasi laju alir 900 RPM, diberikan dalam Tabel 3. Data tersebut ditampilkan juga dalam bentuk grafik pada Gambar 4.

Tabel 3. Data Run 2: $Q = 900$ RPM

Menit ke-	RPM	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (cm^3/s)
1	910,6	50	289,62
2	905,1	70	287,87
3	953,8	170	303,36
4	911,5	250	289,90
5	910,7	300	289,65
6	911,2	390	289,81
7	909,9	600	289,39
8	880,5	550	280,04



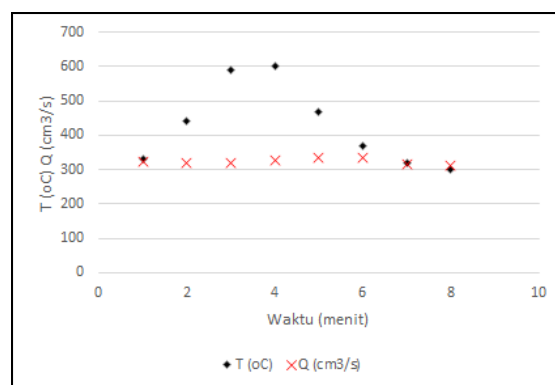
Gambar 4. Profil Temperatur pada Run 2

Dari profil pada Gambar 4 terlihat bahwa temperatur di dalam gasifier mengalami peningkatan hingga menit ke-7 ($T = 600^{\circ}\text{C}$), kemudian mengalami penurunan pada menit ke-8.

Data untuk variasi laju alir 1000 RPM, diberikan dalam Tabel 4. Data tersebut ditampilkan juga dalam bentuk grafik pada Gambar 5.

Tabel 4. Data Run 3: $Q = 1000$ RPM

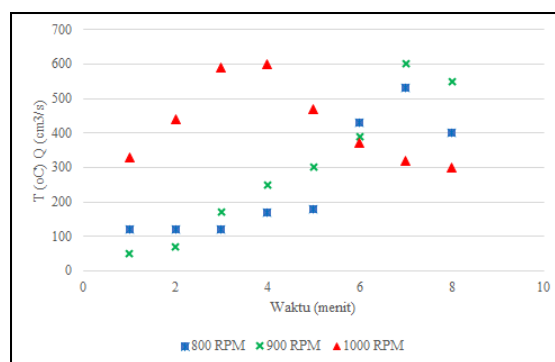
Menit ke-	RPM	T ($^{\circ}\text{C}$)	Q (cm^3/s)
1	1.013,6	330	322,38
2	1.002,6	440	318,88
3	1.001,3	590	318,46
4	1.025,2	600	326,07
5	1.047,0	470	333,00
6	1052,3	370	334,69
7	993,2	320	315,89
8	983,5	300	312,80



Gambar 5. Profil Temperatur pada Run 3

Dari profil pada Gambar 5 terlihat bahwa temperatur di dalam gasifier mengalami peningkatan hingga menit ke-4 ($T = 600^{\circ}\text{C}$), kemudian mengalami penurunan hingga menit ke-8. Proses dihentikan pada menit ke-8 karena bahan bakar jaggel jagung telah habis tergasifikasi.

Perbandingan hasil pengukuran temperatur untuk ketiga laju alir diberikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Profil Temperatur pada Laju Udara 800, 900, dan 1.000 RPM

Dalam Gambar 6 terlihat bahwa temperatur tertinggi yaitu 600°C diperoleh pada laju 900 dan 1.000 RPM, sedangkan pada laju 800 RPM temperatur tertinggi hanya mencapai 530°C . Temperatur tertinggi tidak bergantung pada laju alir tertinggi, karena temperatur tertinggi lebih bergantung pada

laju udara yang ideal [4]. Dalam penelitian ini, diperoleh laju udara ideal adalah 900 dan 1.000 RPM.

Perbandingan daya kompresor dengan volume fluida dan putaran kompresor ditunjukkan pada Persamaan 1 dan 2.

$$N_{th} = 0,037 \times P_1 \times V_a \times \frac{k}{k-1} \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad \dots(1)$$

$$V_a = 2 \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times S \times n_k \times \eta_v \times 60 \quad \dots(2)$$

Keterangan:

N_{th} = Daya teoritis kompresor

P_1 = Tekanan keluar silinder kompresor (kg_f/cm^2)

P_2 = Tekanan isap silinder kompresor (kg_f/cm^2)

V_a = Volume fluida yang diisap

k = Koefisien fluida

D = Diameter torak

S = Volume langkah

n_k = Putaran (RPM)

η_v = Efisiensi volumetrik kompresor

Secara teoritis, daya kompresor berbanding lurus dengan volume fluida/gas yang diisap (Persamaan 1). Sedangkan volume isap berbanding lurus dengan putaran kompresor (Persamaan 2). Sehingga semakin tinggi putaran kompresor membutuhkan daya kompresor yang lebih tinggi. Berdasarkan Gambar 6, temperatur tertinggi sistem (600°C) dapat dicapai pada putaran kompresor 900 dan 1.000 RPM. Oleh karena itu proses gasifikasi pada laju udara / putaran kompresor 900 RPM lebih efisien dari segi energi dibandingkan dengan pada laju 1.000 RPM

4.3. Pengaruh Laju Alir Udara terhadap Komposisi Gas Hasil Gasifikasi

Analisis komposisi gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi untuk setiap variasi laju alir dilakukan menggunakan alat Gas Chromatography (GC) di Lab MP3 Jurusan Teknik Kimia ITB. Hasil analisis komposisi gas diresumekan dalam Tabel 5. Sampel 1 adalah gas hasil gasifikasi pada 800 RPM, sampel 2 adalah gas hasil gasifikasi pada 900 RPM, dan sampel 3 merupakan gas hasil gasifikasi pada 1.000 RPM.

Tabel 5. Hasil Analisis Komposisi Gas Hasil Gasifikasi

Komponen Gas	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
CO ₂	3,18%	0,02%	6,16%
H ₂	4,67%	0,03%	3,58%
N ₂	58,94%	49,53%	53,56%
O ₂	22,11%	41,10%	21,44%
CO	3,76%	0,00%	11,87%
CH ₄	7,34%	9,32%	3,39%

Komponen yang diinginkan pada gas hasil gasifikasi adalah gas CO dan H₂. Dari aspek total komposisi gas CO dan H₂, gasifikasi pada penelitian ini menghasilkan gas dengan jumlah CO dan H₂ lebih tinggi dibandingkan dengan pada penelitian Wusana (2014) yang sama-sama menggunakan umpan janggel jagung. Namun masih lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Arthur (2015) yang menggunakan umpan jerami.

Kandungan energi gas hasil gasifikasi beserta rata-rata laju alir udara sebagai agen gasifikasi ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Energi Gas Hasil Gasifikasi

Komponen Gas	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Rata-rata laju alir udara (cm^3/s)	261,56	289,96	322,77
Kandungan energi (kJ/kmol)	22.190	7.067	39.930

Sampel 3 yaitu gas hasil gasifikasi yang dijalankan pada rata-rata laju alir udara $322,77 \text{ cm}^3/\text{s}$ merupakan gas yang

memiliki kandungan energi terbesar. Namun kandungan energi pada sampel 2 lebih rendah dibandingkan dengan sampel 1, padahal rata-rata laju alir udara yang digunakan pada sampel 2 lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 1. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan laju alir udara gasifikasi tidak secara langsung menghasilkan gas dengan kandungan energi yang semakin meningkat. Pada penelitian ini gas dengan kandungan energi tertinggi dihasilkan pada variasi laju alir 1.000 RPM.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Reaktor gasifikasi *batch* tipe *downdraft* skala kecil telah disempurnakan dengan menambahkan alat pengatur dan alat ukur laju alir udara.
- Kenaikan laju alir udara gasifikasi tidak secara langsung menghasilkan gas dengan kandungan energi yang semakin meningkat. Pada penelitian ini gas dengan kandungan energi tertinggi dihasilkan dari rata-rata laju alir udara gasifikasi $322,77 \text{ cm}^3/\text{s}$ (1.014 RPM).

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan komposisi gas sintesis (CO dan H₂) pada gas hasil gasifikasi;
- Perlu dilakukan uji coba gasifikasi dengan menggunakan umpan biomassa yang berbeda;
- Perlu dilakukan penelitian agar dapat dilakukan absorpsi pada gas hasil gasifikasi sehingga tidak mengotori lingkungan;

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratik N. Sheth, B. V. Babu. "Experimental studies on producer gas generation from wood waste in a downdraft biomass gasifier." *Bioresource Technology* Vol 100 No 12, 2009: 3127-3133.
- [2] Wusana Agung Wibowo, Heru Marantika Afriyadi, Nanang Driyatmono. "Pengaruh laju alir udara dan tipe aliran udara terhadap kinerja kompor gasifikasi tongkol jagung." *Ekulibrium* Vol 13 No 1, 2014: 7-10.
- [3] Arthur M. James, Wenqiao Yuan, Michael D. Boyette, dan Donghai Wang. "The Effect of Air Flow Rate and Biomass Type on the Performance of an Updraft Biomass Gasifier." *BioResources* 10 (2), 2015: 3615-3624.
- [4] Anindito, Dhimas Cahyo. *The Effect of Air Flow Velocity in Coking Wood Gasification Toward Combustion Temperature and Effective Combustion Time*. Final Project Report, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.