

PENGARUH AGEN GASIFIKASI TERHADAP KOMPOSISI DAN RASIO H₂/CO GAS PRODUSER

GAGAH KUNTARYO, RESLY N. AZZAHRA, RICKO RISTRIAWAN, YUONO, DYAH S. PERTIWI.
Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional (ITENAS), Bandung
Email : Gagahkuntaryo11@gmail.com

Received 29 01 2022 | Revised 03 02 2022 | Accepted 10 03 2022

ABSTRAK

Teknologi gasifikasi biomassa merupakan teknologi yang di dalamnya terdapat proses termokimia dalam penguraian komponen di dalam biomassa dengan pemanasan untuk menghasilkan gas mampu bakar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh agen gasifikasi terhadap karakteristik gas produser. Agen gasifikasi yang digunakan yaitu air, air-steam dan oxygen-enriched air yang diumpankan pada gasifier jenis fluidized bed. Tahap penelitian yang digunakan terdiri dari pencarian literatur dari berbagai sumber yang memuat data percobaan gasifikasi yang relevan dengan tujuan penelitian, lalu diklasifikasikan dan disajikan dalam bentuk tabel, lalu merumuskan parameter baru dan menyetarakan satuan parameter agar dapat dibandingkan. Penggunaan agen gasifikasi udara menghasilkan rasio H₂/CO mendekati 2, yaitu sebesar 1,54.

Kata kunci: *Fluidized bed; oxygen-enriched air; air; air-steam; biomassa*

ABSTRACT

Biomass gasification technology is a technology in which there is a thermochemical process in the decomposition of components in biomass by heating to produce combustible gas. This research was conducted to determine the effect of gasification agents on the characteristics of producer gas. The gasification agents used are air, air-steam and oxygen-enriched air which are fed to the fluidized bed gasifier. The research phase used consisted of searching literature from various sources containing gasification experimental data relevant to the research objective, then classified and presented in tabular form, then formulating new parameters and equalizing parameter units so that they can be compared. The H₂/CO ratio by using air as gasifying agent is 1,54.

Keywords: *Fluidized bed; oxygen-enriched air; air; air-steam; biomass*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis dan merupakan negara agraris yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. Sudah seharusnya bangsa ini dapat mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia. Indonesia disebut negara agraris dikarenakan sebagian besar dari masyarakatnya bekerja di sektor pertanian.

Biomassa merupakan salah satu bahan yang mengandung energi terbarukan. Indonesia mengandung banyak sumber biomassa yang dapat diolah menjadi energi. Indonesia saat ini sebagian besar masih menggunakan energi konvensional yang berasal dari fosil. Energi yang berasal dari fosil semakin hari semakin menipis dan jika lama-kelamaan dibiarkan maka akan terjadi krisis energi di berbagai dunia termasuk Indonesia. Maka dari itu perlu ada langkah untuk mengatasi hal tersebut, salah satunya mengembangkan energi terbarukan.

Berbagai macam metode untuk mengolah sumber daya terbarukan, salah satu di antaranya adalah gasifikasi. Gasifikasi merupakan salah satu metode konversi secara termokimia yang dapat menjadi salah satu alternatif untuk menggantikan bahan bakar konvensional yang semakin lama semakin menipis. Metode ini menghasilkan gas produser yang dapat diolah dan menghasilkan produk yang baru seperti etanol, biodiesel, bioliquid dan masih banyak lagi. Metode ini juga menghasilkan produk samping berupa abu (*ash*) dan tar, sehingga metode gasifikasi dapat disebut sebagai teknologi tanpa limbah (*zero emission*).

Penelitian-penelitian tentang gasifikasi telah banyak dilakukan dan terus dilakukan baik dengan metode eksperimen maupun simulasi. Telah banyak yang mereview hasil-hasil penelitian yang dilakukan. Review jurnal ini juga dilakukan untuk memahami proses gasifikasi, menganalisis gas produser yang dihasilkan dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi gasifikasi.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mencari literatur yang memuat data-data percobaan gasifikasi yang relevan dengan tujuan penelitian. Data-data percobaan gasifikasi di antaraya adalah jenis gasifier, jenis biomassa, jenis agen gasifikasi, sifat biomassa, komposisi gas produk, temperatur gasifikasi dan sebagainya.
2. Menyajikan dan mengklasifikasikan data-data percobaan gasifikasi dalam bentuk tabel.
3. Perumusan parameter baru, dan penyetaraan satuan parameter dilakukan untuk membandingkan data yang diperoleh dari literatur. Tahap ini di antaranya meliputi perhitungan kadar H/C biomassa, H₂/CO gas hasil, kadar massa produk, densitas campuran, LHV gas hasil, dan efisiensi gasifikasi dan sebagainya.
4. Membuat kurva yang relevan dengan tujuan penelitian.
5. Menganalisis kurva yang sudah dibuat dengan cara membandingkan dengan literatur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data-data percobaan gasifikasi berbagai biomassa dengan menggunakan agen gasifikasi *air*, *air-steam*, dan *oxygen-enriched air* pada *fluidized bed*

gasifier. Variasi yang dipelajari adalah pengaruh agen gasifikasi terhadap komposisi dan rasio H₂/CO gas produser.

3.1 Data Percobaan dari Literatur

Penelitian ini menggunakan data-data percobaan gasifikasi biomassa dari tiga literatur. Data percobaan yang dimaksud ditampilkan pada Tabel 1. Percobaan gasifikasi tersebut dilakukan dengan temperatur 800°C dengan menggunakan agen gasifikasi *air*, *air-steam* dan *oxygen-enriched air* dengan *fluidized bed gasifier*.

Jenis biomassa yang digunakan adalah *alfalfa pellets*, serbuk gergaji pinus dan jerami padi. Tabel 2 dan Tabel 3 menyajikan analisis proksimat dan analisis ultimat dari biomassa tersebut. Analisis proksimat dilakukan dengan pengujian komposisi biomassa yang berupa kandungan air (*Moisture*), *Volatile Matter*, *Fixed Carbon*, *Ash* dan nilai kalor. Sedangkan analisis ultimat menyajikan komposisi pada biomassa dalam bentuk unsur kimia berupa karbon (C), hidrogen (H₂), nitrogen (N₂), belerang (S) dan oksigen (O₂). Tabel 2 menunjukkan bahwa *moisture* untuk setiap biomassa berbeda-beda. *Moisture content* ini mempengaruhi kebutuhan energi panas yang dibutuhkan untuk mengeluarkan kandungan tersebut.

Penelitian ini merumuskan parameter baru dan menyetarakan satuan LHV agar nilainya dapat dibandingkan. Parameter yang dihitung meliputi H/C dan O/C biomassa serta H₂/CO gas hasil seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Analisis proksimat pada biomassa

Unsur	%Berat		
	<i>Pine Sawdust</i>	<i>Rice Straw</i>	<i>Alfalfa Pellets</i>
	(P.M, et al., 2004)	(Liu, et al., 2018)	(Sarker, Bimbela, Sanchez, & Nielsen, 2015)
Karbon	50,54	40,83	41,60
Hidrogen	7,08	4,91	4,90
Nitrogen	0,15	1,14	2,39
Sulfur	0,57	0,19	0,25
Oksigen	41,11	31,26	33,94
Total	99,45	78,33	83,08

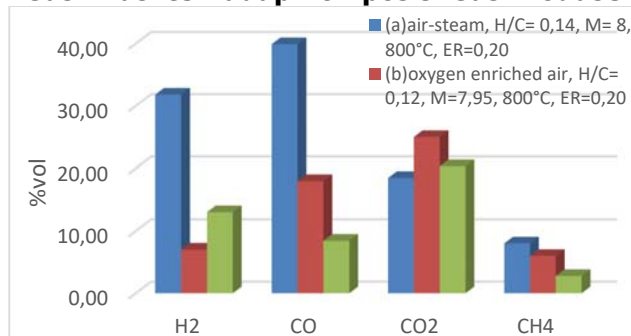
Tabel 2 Analisis ultimat pada biomassa

Unsur	%Berat		
	<i>Pine Sawdust</i>	<i>Rice Straw</i>	<i>Alfalfa Pellets</i>
	(P.M, et al., 2004)	(Liu, et al., 2018)	(Sarker, Bimbela, Sanchez, & Nielsen, 2015)
<i>Mouisture</i>	8	7,95	8,73
<i>Ash</i>	0,55	13,73	15,5
<i>Volatile Matter</i>	82,29	59,58	74,4
<i>Fixed Carbon</i>	17,16	18,74	1,37
Total	100	100	100

Tabel 3 Data percobaan gasifikasi

No.	Pustaka	Jenis Gasifier	Jenis Biomassa	Sifat pada Biomassa								Temperatur Gasifikasi (°C)	ER	Sifat pada Produk						
				Agen Gasifikasi yang digunakan	H (%wt)	C (%wt)	O (%wt)	H/C	O/C	Moisture Conten (%wt)	LHV (MJ/Kg)			H2 (%vol)	CO (%vol)	CO2 (%vol)	CH4 (%vol)	N2 (%vol)	H2/CO	LHV (MJ/N.m3)
1	P.M Lv, Z.H. Xiong, J. Chang, C.Z. Wu, Y. Chen, J.X. Zhu (2004)	Fluidzed Bed	Serbuk Gergaji Pinus	Air-Steam	7,08	50,54	41,11	0,14	0,81	8,00	20,45	800	0,19	32,45	37,80	20,20	7,80	1,75	0,86	8,82
													0,20	31,80	39,90	18,50	8,00	1,80	0,80	8,84
													0,21	30,20	40,20	12,40	7,70	9,50	0,75	8,71
													0,22	31,90	40,00	12,50	7,60	8,00	0,80	8,16
													0,23	32,50	38,50	12,80	7,40	8,80	0,84	7,28
2	Lingqin Liu, Yaji Huang, Jianhua Cao, Changqi Liu, Lu Dong, Ligang Xu, Jianrui Zha (2018)	Fluidzed Bed	Jerami Padi	Oxygen-enriched air Air	4,91	40,83	31,26	0,12	0,77	7,95	14,81	0,20	600	1,50	13,00	33,00	5,00	47,50	0,12	4,00
													650	2,50	14,00	30,00	6,50	47,00	0,18	4,25
													700	3,50	15,00	28,50	5,50	47,50	0,23	4,50
													750	5,00	17,00	27,00	6,50	44,50	0,29	5,20
													800	7,00	18,00	25,00	6,00	44,00	0,39	5,40
3	Shiplu Sarker, Fernando Bimbela, José Luis Sánchez, Henrik Kofoed Nielsen (2015)	Fluidzed Bed	Alfafa Pellets	Air	4,90	41,60	33,94	0,12	0,82	8,73	16,69	800	0,25	13,02	8,43	20,31	2,77	55,47	1,54	4,13
													0,30	12,91	9,08	19,60	2,67	55,74	1,42	4,12
													0,25	13,50	8,42	20,04	2,70	55,34	1,60	4,25
													0,30	12,73	9,15	19,90	2,65	55,57	1,39	2,19

3.2 Pengaruh Agen Gasifikasi terhadap Komposisi Gas Produser



Gambar 1 Pengaruh agen gasifikasi terhadap gas hasil
(Sumber: (a) Lv P.M.,dkk (2004); (b) Liu, L.,dkk (2018); (c) Sarker, S.,dkk,(2015))

Banyak penelitian gasifikasi biomassa yang menggunakan agen gasifikasi udara, *steam*, oksigen, udara-*steam*, udara yang diperkaya oksigen dan masih banyak lagi. Lv P.M.dkk melakukan penelitian gasifikasi biomassa dengan agen gasifikasi udara-*steam* di mana hasil penelitiannya mengatakan bahwa penggunaan *steam* sangat meningkatkan gas hasil terutama kandungan H₂ dan CO₂ sedang kandungan CO, CH₄, dan LHV menurun dibandingkan dengan penggunaan agen gasifikasi udara saja. Hal ini dikarenakan ada lebih banyak uap yang masuk sehingga menaikkan reaksi dan kemudian menyebabkan gas hasil terutama kandungan H₂ dan CO₂ meningkat.

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai H₂ dari penelitian Lv P.M.dkk sebesar 32 %-vol. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Sarker, S.dkk yang hanya menggunakan agen gasifikasi udara saja dengan hasil H₂ sebesar 13,02 %Vol. Liu, L.dkk juga melakukan penelitian gasifikasi biomassa dengan agen gasifikasi udara dengan penambahan oksigen sebagai agen gasifikasinya. Menurut hasil penelitian Liu, L.dkk penambahan oksigen sebagai agen gasifikasi menurunkan kandungan H₂. Hal ini dikarenakan penambahan oksigen mengubah suhu dan waktu tinggal gas dalam gasifier. Oksigen membuat produk gas-padat yang mengandung tar tetap melanjutkan pembakaran, dan menghasilkan suhu yang lebih tinggi dari suhu maksimumnya. Dapat dilihat pada Gambar 1 di mana kandungan H₂ pada penelitian Liu, L.dkk dengan menggunakan agen gasifikasi oksigen-udara sebesar 7 %Vol lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Lv P.M.dkk yang menggunakan agen gasifikasi udara-*steam* dan Sarker, S.dkk yang menggunakan agen gasifikasi udara.

Pada Gambar 1 dapat dilihat kandungan CO pada hasil penelitian Lv P.M.dkk nilainya 37,50 %Vol lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Sarker, S.dkk sebesar 8,43 %Vol. Terdapat penyimpangan pada hasil penelitian antara Lv P.M.dkk dan Sarker, S.dkk, dimana seharusnya hasil gas CO pada gasifikasi dengan menggunakan agen gasifikasi *air-steam* nilainya akan menurun dibandingkan yang agen gasifikasi udara saja. Penyimpangan dapat terjadi dikarenakan reaksi yang terjadi pada *gasifier*. Reaksi *water-gas* merupakan reaksi oksidasi parsial karbon dikarenakan penambahan *steam* dengan udara pada agen gasifikasi. Oleh karena itu, pembentukan CO lebih tinggi dikarenakan penambahan H₂O lebih banyak sehingga reaksi karbon dengan H₂O lebih tinggi. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh *boudouard reaction* dimana CO₂ yang dihasilkan bereaksi dengan karbon sehingga menghasilkan CO yang berlebih.

Menurut penelitian Liu, L.dkk penambahan oksigen sebagai agen gasifikasi akan meningkatkan kandungan CO, dapat dilihat pada Gambar 1 kandungan CO hasil penelitian Liu, L.dkk sebesar 17,00 %Vol lebih besar dibandingkan kandungan CO pada hasil penelitian Sarker, S.dkk sebesar 8,43 %Vol yang hanya menggunakan agen gasifikasi udara saja. Tetapi kandungan CO pada penelitian Liu, L.dkk nilainya 17,00 %Vol lebih kecil dibandingkan kandungan CO pada penelitian Lv P.M.dkk nilainya 37,50 %Vol yang menggunakan agen gasifikasi udara-*steam*.

Pada Gambar 1 dapat dilihat kandungan CO₂, hasil penelitian Lv P.M.dkk dengan menggunakan agen gasifikasi *air-stream* nilainya 18,50 %Vol lebih kecil dibandingkan kandungan CO₂ pada hasil penelitian Sarker, S.dkk dengan agen gasifikasi udara sebesar 20,31 %Vol dimana seharusnya menurut hasil penelitian Lv P.M.dkk kandungan CO₂ meningkat dengan penambahan *steam* dalam proses gasifikasi sebagai agen gasifikasi. Penyimpangan tersebut dapat dikarenakan reaksi yang terjadi pada *gasifier* yang merupakan reaksi *reversible*. Reaksi yang mempengaruhi yaitu *boudouard reaction* dimana reaksi terjadi antara karbondioksida dengan arang yang menghasilkan CO, sehingga dapat dilihat pada Gambar 1 kandungan CO pada hasil penelitian Lv P.M.dkk mengalami kenaikan.

Menurut penelitian Liu, L.dkk penambahan oksigen pada agen gasifikasi udara akan meningkatkan kandungan CO₂, dapat dilihat pada Gambar 1 dapat dilihat kandungan CO₂ pada hasil penelitian Liu, L.dkk dengan agen gasifikasi *air-enriched O₂* nilainya 27,00 %Vol lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Sarker, S.dkk yang menggunakan agen gasifikasi udara saja sebesar 20,31 %Vol dan lebih tinggi juga dari hasil penelitian Lv P.M.dkk yang menggunakan agen gasifikasi *air-steam* sebesar 18,50%Vol.

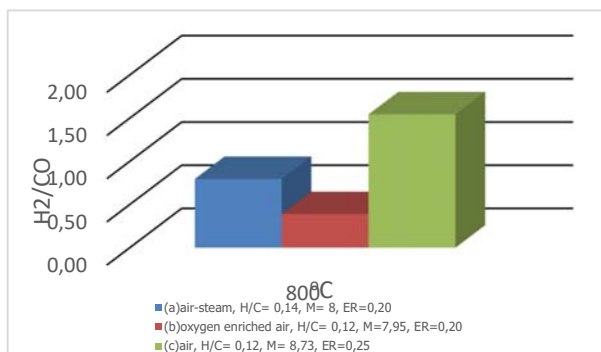
Pada Gambar 1 dapat dilihat kandungan CH₄ hasil penelitian Lv P.M.dkk dengan menggunakan agen gasifikasi *air-stream* nilainya 17,50 %Vol lebih besar nilainya di bandingkan hasil penelitian Sarker, S.dkk yang menggunakan agen gasifikasi udara saja sebesar 2,77 %Vol dimana seharusnya menurut hasil penelitian Lv P.M.dkk dimana penambahan *steam* sebagai agen gasifikasi akan menurunkan kandungan CH₄. Penyimpangan tersebut dapat disebabkan oleh reaksi yang terjadi di *gasifier* dimana kandungan karbon bereaksi dengan hidrogen yang menghasilkan kandungan CH₄ berlebih atau bisa disebut reaksi *methanation*.

Menurut penelitian Liu, L.dkk penambahan oksigen pada agen gasifikasi udara akan menurunkan kandungan CH₄, dapat dilihat pada Gambar 1 dapat dilihat kandungan CH₄ pada hasil penelitian Liu, L.dkk dengan agen gasifikasi *oxygen-enriched air* nilainya 6,50 %Vol lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Sarker, S.dkk yang menggunakan agen gasifikasi udara saja sebesar 2,77 %Vol. Dari data tersebut terjadi penyimpangan, penyimpangan dapat terjadi disebabkan oleh reaksi yang terjadi di *gasifier* dimana kandungan karbon bereaksi dengan hidrogen yang menghasilkan kandungan CH₄ berlebih atau bisa disebut reaksi *methanation*.

3.3 Pengaruh Agen Gasifikasi terhadap Rasio H₂/CO

Lv P.M.dkk melakukan penelitian gasifikasi biomassa dengan menggunakan agen gasifikasi udara-*steam*, dimana hasil penelitiannya mengatakan bahwa penambahan *steam* dalam *gasifikasi* biomassa dapat meningkatkan H₂ dan CO₂, sedangkan kandungan CO, CH₄ dan nilai LHV menurun. Meningkatnya kandungan H₂ dan CO₂ ini disebabkan lebih banyaknya uap yang masuk yang mengakibatkan suhu reaksi pada *gasifier* meningkat dan menyebabkan H₂ dan CO₂ menjadi naik. Dapat dilihat pada Gambar 1 komposisi H₂ hasil penelitian Lv P.M.dkk nilainya 32 %Vol lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Sarker, S.dkk yang hanya menggunakan agen gasifikasi udara saja sebesar 13,02 %Vol. Dan untuk nilai CO pada penelitian Lv P.M.dkk yang menggunakan agen gasifikasi air-steam sebesar 37,50 %Vol

nilainya lebih besar dibandingkan kandungan CO hasil penelitian Sarker, S.dkk sebesar 8,43 %Vol yang hanya menggunakan agen gasifikasi udara saja. Untuk hasil H₂/CO pada penelitian Lv P.M.dkk dapat dilihat pada Gambar 2 nilainya 0,85 lebih kecil di dibandingkan hasil penelitian Sarker, S.dkk sebesar 1,54 yang mana seharusnya berdasarkan penelitian Lv P.M.dkk kandungan H₂ meningkat sehingga perbandingan H₂/CO juga meningkat. Penyimpangan ini dapat disebabkan oleh meningkatnya kandungan CO pada hasil penelitian Lv P.M.dkk peningkatan kandungan CO dikarenakan penambahan H₂O lebih banyak sehingga reaksi karbon dengan H₂O lebih tinggi. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh *boudouard reaction* di mana CO₂ yang dihasilkan bereaksi dengan karbon sehingga menghasilkan CO yang berlebih.



Gambar 2 Pengaruh agen gasifikasi terhadap rasio H₂/CO pada *fluidized bed gasifier* (Sumber: (a) Lv P.M.,dkk (2004); (b) Liu, L.,dkk (2018); (c) Sarker, S.,dkk.,(2015))

Hasil penelitian Liu, L.,dkk di mana menggunakan *air-enriched O₂* sebagai agen gasifikasinya hasil perbandingan H₂/CO lebih kecil sebesar 0,39 dibandingkan perbandingan H₂/CO pada penelitian Lv P.M.dkk yang menggunakan agen gasifikasi *air-steam* sebesar 0,85 dan Sarker, S.dkk yang menggunakan agen gasifikasi udara sebesar 1,54. Hal tersebut telah sesuai dengan hasil penelitian Liu, L.,dkk dimana penambahan oksigen sebagai agen gasifikasi akan menurunkan kandungan H₂ dan akan meningkatkan kandungan CO sehingga perbandingan H₂/CO akan semakin kecil.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan *fluidized bed gasifier* penggunaan agen gasifikasi *air-steam* meningkatkan kandungan H₂, CO, CH₄ dan menurunkan kandungan CO₂ dibandingkan agen gasifikasi udara. Penggunaan agen gasifikasi *oxygen-enriched air* meningkatkan kandungan CO, CO₂, CH₄ dan menurunkan kandungan H₂ dibandingkan dengan agen gasifikasi udara. Nilai rasio H₂/CO adalah berturut-turut 0,85; 1,54 dan 0,39 untuk agen gasifikasi *air-steam*, *air* dan *oxygen-enriched air*.

DAFTAR PUSTAKA

- Liu, L., Huang, Y., Cao, J., Liu, C., Dong, L., Xu, L., & Zha, J. (2018). Experimental study of biomass gasification with oxygen-enriched air in fluidized bed gasifier. *Science of the Total Environment*.
- P.M, L., Z.H, X., J, C., C.Z, W., Y, C., & J.X, Z. (2004). An experimental study on biomass air-stream gasification in a fluidized bed. *ELSEVIER*.

GAGAH KUNTARYO, RESLY N. AZZAHRA, RICKO RISTRIAWAN, YUONO, DYAH S. PERTIWI.

Sarker, S., Bimbela, F., Sanchez, J. L., & Nielsen, H. K. (2015). Characterization and pilot scale fluidized bed gasification of herbaceous biomass: A case study on alfalfa pellets. *Energy Conversion and Management*.