

Evaluasi Kinerja Gasifier Up-draft Dengan Umpan Limbah Biomassa Kayu Mahoni Dari Industri Mebel

Hendriyana^{1*}, Lulu Nurdini², Bambang Hari P.³, Gatot Trilaksono⁴, Rezki Suhendar⁵
dan Gelar Satriya Kusuma⁶

¹²³⁴⁵⁶Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Terusan Jend. Sudirman Cimahi

*E-mail : hendriyana@lecture.unjani.ac.id

Abstract

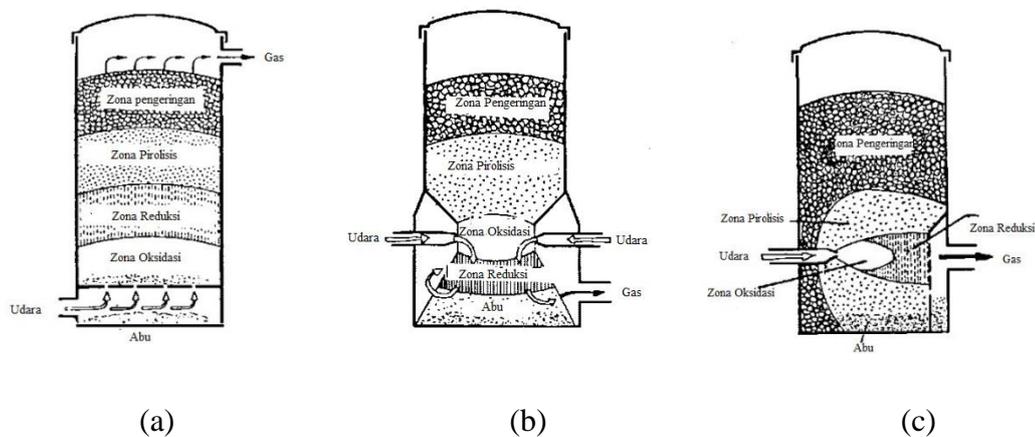
Wood waste from furniture industries was gasified using up-draft gasifier type. The type of wood was used is mahogany. Operation of the gasifier is batch model with wood waste consumption per batch is 4 kg, 7 kg and 9 kg. Equivalent ratio of air used is 24,73%, 14,13% and 10,99%. The mahogany have properties of ultimate analysis is 13,8%-wt moisture content, 65,8%-wt volatile matter, 48,7%-wt fixed carbon and 2,24%-ash. Temperature profile of gasifier observed during operation as a time function. The gasifier also integrated with scrubber bubble column and water as a solvent to minimize tar in the producer gas. The scrubber bubble column was used has efficiency removal is 57,41%.

Keywords : mahogany wood waste, gasifier, up-draft type, scrubber bubble column

Pendahuluan

Industri mebel merupakan industri yang padat menggunakan energi listrik. Peralatan yang biasanya digunakan di industri ini adalah mesin sugu, gergaji, amplas dan lain sebagainya (Permansyah, 2015). Kebutuhan energi ini sebenarnya dapat dipenuhi dari limbah industri mebel berupa serbuk gergaji atau potongan kayu. Di mana salah satu limbah kayu yang dapat dihasilkan adalah limbah kayu mahoni. Limbah kayu tersebut dapat dikonversi menjadi gas mampu bakar seperti H_2 , CO , CO_2 , CH_4 dan sedikit senyawa hidrokarbon dengan cara mereaksikannya dengan gas penggasifikasi berupa udara atau oksigen murni (Basu, 2010). Gas mampu bakar tersebut selanjutnya dapat dijadikan sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam yang dapat menghasilkan listrik.

Proses gasifikasi dilakukan dalam suatu unit yang dinamakan dengan *gasifier*. Berdasarkan pemasokan udara atau oksigen, gasifier terdiri dari tiga tipe seperti yang disajikan pada Gambar 1 (Yadav dkk, 2013; Sastry R. C. dan Bhavanam A, 2011).



Gambar 1. Tipe gasifier biomassa (a) updraft (b) downdraft (c) crossdraft

Hasil dan Pembahasan

1. Karakteristik Kayu Mahoni

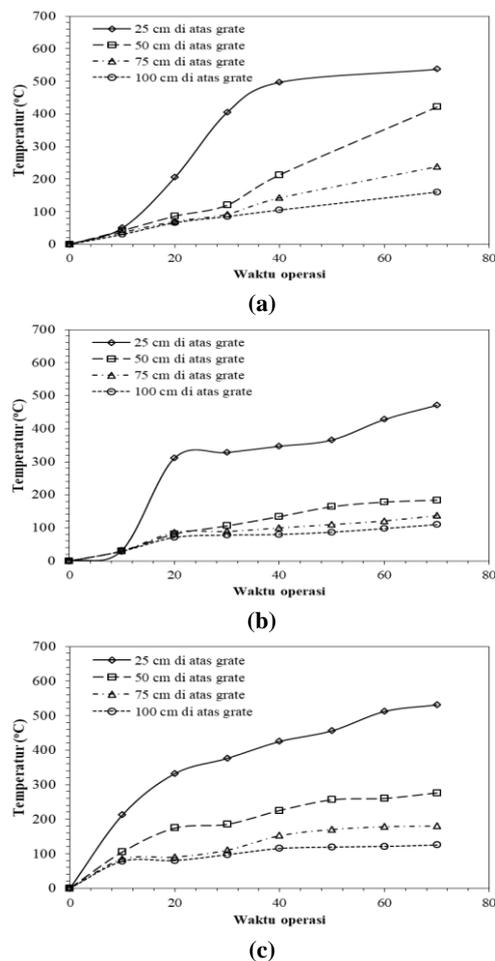
Karakteristik dari kayu mahoni disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil analisis proksimat, kandungan *moisture* kayu mahoni yang digunakan adalah 13,8%. Zat terbang yang cukup besar 65,8% mengindikasikan bahwa kayu mahoni mudah untuk dibakar (Fisafarani, 2010). Sedangkan analisis ultimat kayu mahoni diperoleh dari Sodikin dkk. (2011).

Tabel 1. Karakteristik kayu mahoni

No.	Parameter	Nilai
1	Analisis proksimat (%-massa,adb) (Penelitian ini):	
	Moisture	13,8
	Zat terbang	65,8
	Karbon padat	48,7
	Abu	2,24
2	Analisis ultimat (%-massa, adb) (Sodikin dkk., 2011):	
	C	46,45
	H	6,28
	N	0,31
	O	45,92
	Nilai kalor/HHV _b (kkal/kg)	4244

2. Profil Temperatur di Dalam Gasifier

Temperatur di dalam gasifier pada berbagai ketinggian di atas grate diukur dengan menggunakan termokopel tipe K. Profil temperatur gasifier pada berbagai ekivalen rasio disajikan pada Gambar 2.

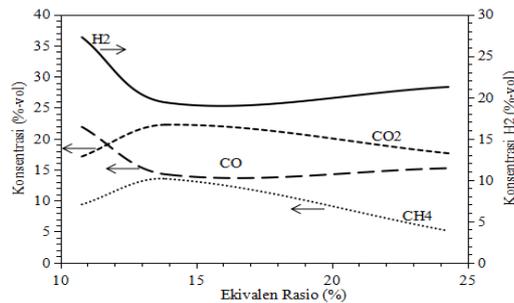


Gambar 1. Profil temperatur di dalam gasifier pada ekivalen rasio (a) 24,3% (b) 13,9% dan (c) 10,8%

Temperatur di dalam gasifier meningkat seiring dengan lamanya waktu operasi. Pada semua kondisi operasi, gas produser sudah terbentuk dengan baik pada menit ke 20. Hal tersebut ditandai dengan gas produser yang sudah mampu dibakar dengan stabil. Pada menit ke 20 temperatur bagian bawah gasifier sudah mencapai suhu pirolisis > 350°C, sehingga gas H₂, CO, CO₂ dan CH₄ sudah terbentuk. Semakin tinggi gasifier, temperatur di dalam gasifier mengalami penurunan. Hal ini disebabkan panas yang dihasilkan oleh reaksi oksidasi dibagian bawah gasifier (di atas *grate*) diserap oleh zona reduksi, pirolisis dan pengeringan yang bersifat eksotermik.

3. Komposisi Gas Produser, LHV Gas dan CGE (*Cold Gas Efficiency*)

Berdasarkan data konsumsi kayu mahoni, ekuivalen rasio dan temperatur di dalam gasifier (zona reduksi), maka komposisi dapat diprediksi menggunakan model termodinamika gasifikasi. Komposisi gas produser hasil prediksi pada berbagai ekuivalen rasio disajikan pada Gambar 3. Komposisi gas produser yang dihasilkan memiliki komposisi H₂ 19,4-27,2%, CO 14,2-21,9%, CO₂ 17,1-22,2% dan CH₄ 5,1%-13,5%.



Gambar 3. Prediksi komposisi gas produser pada berbagai ekuivalen rasio

Parameter yang dapat digunakan untuk menilai kinerja gasifier adalah nilai kalor gas produser (LHV gas) dan efisiensi gasifier (*cold gas efficiency*, CGE). LHV gas dan CGE dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) berikut (Basu, 2010).

$$\text{LHV gas} = y_{\text{H}_2} \cdot \text{LHV}_{\text{H}_2} + y_{\text{CO}} \cdot \text{LHV}_{\text{CO}} + y_{\text{CH}_4} \cdot \text{LHV}_{\text{CH}_4} \quad (1)$$

Dengan:

$$\text{LHV}_{\text{H}_2} = 12\,630 \text{ kJ/Nm}^3; \text{LHV}_{\text{CO}} = 12\,740 \text{ kJ/Nm}^3; \text{LHV}_{\text{CH}_4} = 39\,820 \text{ kJ/Nm}^3$$

$$\text{CGE} = \text{Laju alir gas produser} \cdot \text{LHV gas} / (\text{Laju alir biomassa} \cdot \text{LHV}_b) \quad (2)$$

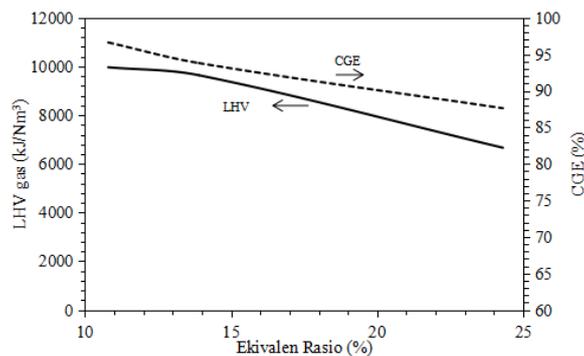
Dengan:

$$\text{LHV}_b = \text{HHV}_b - 2260(9\text{H} + \text{W}) \text{ (kJ/kg)}$$

H = fraksi massa atom H dalam biomassa

W = fraksi massa *moisture* dalam biomassa

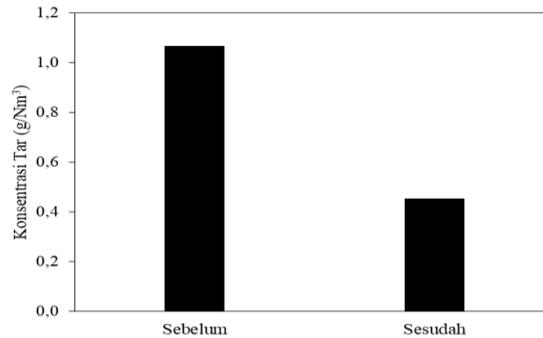
Nilai LHV gas dan CGE hasil perhitungan disajikan pada Gambar 4. LHV gas yang dihasilkan berkisar antara 6663 - 9967 kJ/Nm³. Sedangkan CGE yang dihasilkan berkisar antara 87,6 - 96,6%.



Gambar 3. LHV gas dan CGE pada berbagai ekuivalen rasio

4. Kinerja Absorber Kolom Gelembung

Tar di dalam gas produser dibersihkan dengan menggunakan absorber kolom gelembung. Tar yang terkandung di dalam gas produser sebelum masuk ke kolom gelembung adalah sebesar $1,066 \text{ g/Nm}^3$ (Gambar 4). Sedangkan konsentrasi tar sesudah kolom gelembung sebesar $0,454 \text{ g/Nm}^3$. Dengan demikian kolom gelembung memiliki kemampuan mereduksi tar sebesar 57,41%. Pengurangan kadar tar ini dapat dilihat pula dari kualitas api yang dihasilkan seperti disajikan pada Gambar 5. Kondisi api sebelum menggunakan kolom gelembung memiliki warna merah, sedangkan setelah menggunakan kolom gelembung memiliki warna biru.



Gambar 4. Konsentrasi tar sebelum dan sesudah kolom gelembung



Gambar 5. Kondisi api sebelum dan sesudah menggunakan kolom gelembung

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, ekivalen rasio sangat berpengaruh terhadap distribusi temperatur di dalam gasifier. Komposisi gas produser yang dihasilkan berdasarkan prediksi termodinamika reaksi adalah H_2 19,4-27,2%, CO 14,2-21,9%, CO_2 17,1-22,2% dan CH_4 5,1%-13,5%. Nilai kalor gas produser berkisar antara 6663 - 9967 kJ/Nm^3 . Sedangkan CGE yang dihasilkan berkisar antara 87,6 - 96,6%. Kolom gelembung memiliki kinerja yang sangat baik dalam menyisihkan tar dari gas produser, namun masih memerlukan kajian lanjutan sehingga tar dapat tereduksi sempurna.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Hibah Penelitian Produk Terapan 2018 dari Kementrian Ristek Dikti.

Daftar Pustaka

- Basu P. Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical and Design. Elsevier, 2010
- Ciferno J. P. dan Marano J.J. Benchmarking biomass gasification technologies for fuels, chemicals and hydrogen production, U.S. Department of Energy National Energy Technology Laboratory 2002.
- Fisafarani H. Identifikasi karakteristik sumber daya biomassa dan potensi biopelet Indonesia, Skripsi 2010, Universitas Indonesia
- Hendriyana. Studi termodinamika kesetimbangan gasifikasi biomassa untuk memproduksi H_2 dan N_2 sebagai umpan sintesis ammonia dalam gasifier downdraft. Seminar Nasional Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan 2012, 290-294



-
- Permansyah, Chalid N. dan Taryono. Analisis permintaan energi listrik pada industri mebel di kota Pekanbaru. Jom FEKON 2015, Vol 2; No.2
- Sastry R. C. dan Bhavanam A. Biomass gasification processes in downdraft fixed bed reactors: A Review. International Journal of Chemical Engineering and Applications 2011, Vol. 2: No. 6, 425-433
- Sodikin I. , Huda M. dan Suganal. Pengembangan sistem pembakaran co-firing batubara-biomassa. Skripsi 2011, Tekmira
- Yadav P., Dutta A., Gupta B. dan Pandey M. Performance analysis of the constructed updraft biomass gasifier for three different biomass fuels. International Journal of Modern Engineering Research 2013, Vol. 3: Issue. 4, 2056-2061





Lembar Tanya Jawab

Moderator : **Suhartono (Universitas Jendral Achmad Yani)**
Notulen : **Riris Indra Murti (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Sri Sukadarti (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Model termodinamikimika seperti apa yang digunakan untuk memprediksi komposisi gas?
Jawaban : Menggunakan model yang pernah teruji dan sebelumnya sudah digunakan di UNPAD pada gasifier downdraft
2. Penanya : Suhartono (Universitas Jendral Achmad Yani)
Pertanyaan : Bagaimana mendefenisikan ekivalensi rasio? Berapa ekivalensi rasio pada umumnya?
Jawaban : Ekivalensi rasio adalah perbandingan udara untuk gasifikasi terhadap udara untuk pembakaran. Menurut literatur antara 0,2-0,4.

