

BEBERAPA VARIASI LAJU ALIR UDARA PEMBAKARAN PADA GASIFIKASI TEMPURUNG KELAPA YANG MENGGUNAKAN UPDRAFT GASIFIKASI

Jan Soukotta¹, Angcivioletta Moniharapon²

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Manado

²Peneliti Balai Riset dan Standardisasi Industri, Manado

ABSTRAK

Penggunaan tempurung kelapa ternyata untuk menghasilkan arang aktif, padahal sudah dapat dijual karena memiliki potensi sebagai penghasil energy. Dalam penelitian ini, tempurung kelapa dipakai unuk menghasilkan bahan bakar gas melalui proses gasifikasi menggunakan updraft gasifikasi. Proses gasifikasi dilakukan pada laju udara pembakaran 70,2 lpm, 91,4 lpm dan 122,4 lpm. Hasil penelitian menunjukkan proses gasifikasi dapat menghasilkan gas mampu bakar (CO, CH_4, H_2) secara kontinyu selama lebih kurang 3 jam operasi. Peningkatan laju aliran udara akan meningkatkan suhu dalam reactor, komposisi gas, laju aliran gas, efisiensi gasifikasi dan temperature nyala gas pembakaran yang dihasilkan.

Kata kunci: *Updraft Gasifier*, gasifikasi, tempurung kelapa.

ABSTRACT

Coconut shell exploited to produce charcoal to be sold now, but it has potency for producing energy. At this study coconut shell was exploited to produce gas fuel with gasification process using updraft gasifier. Gasification process was done at condition different airflow rate i.e 70,2 lpm, 91,4 lpm, 122,4 lpm. The results of experiment showed gasification could produces combustion gas (CO, CH_4, H_2) continuously during 3 hours operation for every condition of gasification air flaw rate. Increasing the air flaw rate will increase temperature inside reactor, gas composition, gas flow rate, gasification efficiency and flame temperatre of combustion gas oroducer.

Keywords: Updraft gasifier, gasification, coconut shell.

Pendahuluan

Proses pemanfaatan daging buah kelapa dewasa ini baru sebatas daging buahnya saja untuk dijadikan kopra, minyak dan santan untuk keperluan rumah tangga. Sedangkan hasil samping lainnya belum begitu dimanfaatkan. Pemanfaatan tempurung kelapa sekarang ini baru sebatas dibakar untuk menghasilkan arang aktif. Tempurung kelapa merupakan satu produk untuk biomassa untuk dapat menghasilkan energy. Indonesia menghasilkan 1,1 juta ton/tahun tempurung dengan kemungkinan energy yang dihasilkan $18,7 \times 10^6$ GJ/tahun.

Ada banyak cara yang dilakukan untuk mengkonversi biomassa seperti tempurung kelapamenjadi energy. Salah satu cara yang dilakukan melalui proses termokimia. Dengan reformer langsung, gasifikasi dan pirolisa.

Gasifikasi adalah proses mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO, CH_4, H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai

udara udara terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara stoikiometri. Reaktor tempat terjadinya proses terjadinya proses gasifikasi disebut gasifier. Selama proses terjadinya gasifikasi, akan terbentuk daerah proses yang dinamakan menurut distribusi suhu dalam reactor gasifikasi. Daerah –daerah tersebut adalah : Pengeringan dengan rentang suhu $25^\circ C - 150^\circ C$, Perolisa dengan rentang suhu $150^\circ C - 600^\circ C$, Reduksi dengan rentang suhu $600^\circ C - 900^\circ C$, Pembakaran dengan rentang suhu $800^\circ C - 1.400^\circ C$. Gas hasil dari produk gasifikasi disebut *biogas*, producer gas atau syngas.

Beberapa penelitian gasifikasi biomassa yang menggunakan updraft gasifier telah dilakukan Saravanakumar et al. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan laju pemakaian bahan bakar antara 9 hingga 10 kg/jam, maka efisiensi gasifikasi yang terjadi adalah 73 % dan menghasilkan stabilis producer gas selama 5 jam operasi dengan temperature $750^\circ C$. Wang dkk (4) melakukan penelitian gasifikasi menggunakan

updraft gasifier yang diintegrasikan dengan gas reformer untuk menggerakkan berbahan bakar gas. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kegingan kayu (woodchips). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor gas yang dihasilkan adalah 3,9 MJ/m³.

Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa untuk mendapatkan gas mampu bakar dan mengetahui pengaruh laju aliran udara terhadap komposisi gas, laju alir gas, efisiensi gasifikasi dan temperature api dari proses gasifikasi tempurung kelapa pada updraft gasifikasi.

Metode Penelitian

Proses gasifikasi yang dilakukan pada sebuah gasifier tipe aliran keatas . Penelitian ini dilakukan dengan membuat sebuah gasifier dari logam putih dengan dimensi diameter 22 cm, tinggi 50 cm dengan ketebalan dinding 4 mm.

Sebelum dilakukan proses gasifikasi, terlebih dahulu dilakukan analisa proximat dan ultimat tempurung kelapa. Analisa proximat tempurung kelapa dilakukan dengan mengacu pada pengujian yang meliputi pengujian kandungan air Diana sample 80 g tempurung kelapa ditempatkan pada Krus dan dipanaskan pada Free Space Oven hampa udara dengan selama ditimbang untuk mengetahui berat sebelum dan sesudah pemanasan. Pengujian zat mudah terbakar dilakukan pada sampel 1 gram tempurung dengan ukuran 50 mesh. Sampel ditempatkan dalam Krus, dan dipanaskan pada volatile matter Furnace hampa udara dengan suhu 900°C selama 7 menit. Selanjutnya sampel ditimbang untuk mengetahui berat sebelumnya dan setelah pemanasan. Pengujian kadar abu (ash) dengan sampel seperti zat mudah terbang, kemudian dipanaskan didalam Muffe Furnace dengan suhu 900°C selama 7 menit. Selanjutnya sampel ditimbang untuk mengetahui perbedaan berat sebelum dan setelah pemanasan. Pengujian kadar abu(ash) dengan sampel seperti pada pengujian zat mudah terbang, kemudian dipanaskan di dalam Muffe Furnace Ash dengan suhu 500°C selama 30 menit. Kemudian suhu dinaikan hingga 815 °C dan dipanaskan selama 1 jam. Selanjutnya berat sampel ditimbang untuk mengetahui berat sebelum dan setelah pemanasan.

Persentase karbon tetap (fixed carbon) dihitung dengan rumus sebagai berikut: 100% -(%kandungan air + % Abu +% zat terbang). Pengujian nilai kalor tempurung kelapa dilakukan dengan membakar 1 gram, ukuran 50 mesh sampel secara terkendali menggunakan Adiabatic bomb calorimeter IKA C – 4000.

Udara pembakaran dialirkan menggunakan sebuah blower dengan kapasitas 1050 lpm. Laju

alir 70,2 Lpm unruk Run 1, 91,4 untuk Run 2, dan 122,4 lpm untuk Run 3. Laju alir udara dan laju alir gas diukur menggunakan manometer miring. Setiap laju alir dilakukan operasi selama 3 jam.

Tabel 1. Analisa Proximat (%Berat) Analisa Ultimat (% Berat)

Moisture	5,3	C	47,59
Volatile Meter	70,7	H	6,0
Ash	6,26	O	45,52
Fixed Carbon	17,54	N	0,22
Low Heating Value(kj/kg)	22000	S	0,05

Pada bagian sisi gasifier dibuat tiga buah saluran termokopel tyke K (cromned-Alumnel) berbasis vertical dengan jarak 5 cm, 20cm, 35 cm dari grate yang berfungsi untuk menentukan daerah gasifikasi. Pada saluran bahan bakar dipasang satu termokopel type K untuk mengukur suhu producer gas pada burner dipasang satu termokopel tipe K untuk mengukur suhu api. Pengukuran dilakukan setiap interval waktu 15 menit.

Setiap running dilakukan pengambilan sampel, untuk menentukan komposisi gas sebanyak 6 kali. Komposisi gas selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai kalor gas hasil proses dengan menggunakan persamaan: $CV_G = \sum X_i H_i$ dimana X_i = Fraksi volume masing-masing komposisi gas pada temperature ruang (mol); H_i = Low Heating Value (LHV) masing-masing komposisi gas temperature ruang (MJ/m³)

Tabel 2. LHV Gas pada Temperatur 25°C

No	Komposisi Gas	LHV (MJ/m ³) pada 25 °C
1.	Co	11,5668
2.	H ₂	9,8846
3.	CH ₄	32,7938
4.	C ₂ H ₂	51,3223
5.	C ₂ H ₄	54,0840
6.	C ₂ H ₆	58,3627

Equivalensi ratio proses dihitung dengan rumus:

$$ER = \text{Laju Alirab Udara (m}^3\text{/menit)} \times \text{Waktu Operasi(menit)} / \text{Masukan Bahan Bakar(kg)} \times (A/F)$$

A/F untuk $\Phi = 1$ adalah jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran Stoikiometri 1 kg bahan bakar.

Efiesensi Proses Gasifikasi dihitung menggunakan rumus:

$$H_{Gas} = (\text{Nilai Kalor Gas Hasil/kg bahan Bakar (MJ)}) / \text{Nilai Kalor 1kg Bahan Bakar (MJ)}$$

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan maka tempurung kelapa dapat

digasifikasi menggunakan updraft gasifier untuk menghasilkan gas mampu bakar. Api hasil pembakaran gas producer setelah beroperasi selama 3 jam diperlihatkan pada table 3.

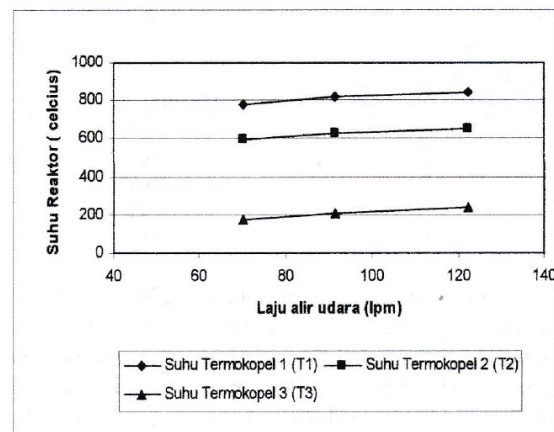
Tabel 3 Performance Gasifier 3 Jam Operation

Parameter Pengukuran	Operasi Run1	Operasi Run 2	Operasi Run 3
Kandungan Air Tempurung (%)	5,3	5,3	5,3
Ukuran Tempurung (cm)	2 cm x 2 cm x 1 mm	2 cm x 2 cm x 1 mm	2 cm x 2 cm x 1 mm
Laju Aliran Tempurung Kelapa (kg/jam)	2,5	2,7	3
Laju Aliran Udara (liter per menit)	70,2	91,4	122,4
Laju Aliran Gas (Liter per menit)	92	128,1	140,5
Rata-rata suhu termokopel 1 (T1)(°C)	781,3	816	842,2
Rata-rata suhu termokopel 2 (T2)(°C)	592,6	630,1	651,8
Rata-rata suhu termokopel 3 (T3)(°C)	173,4	202,6	234,7
Rata-rata suhu gas (°C)	193,7	236,9	267,8
Rata-rata suhu api (°C)	594,8	612,6	638
Jumlah bahanbakar (kg)	7,5	8	9
Equivalensi Ratio	0,29	0,36	0,42
LHV	3,9	4,1	4,3
η_g	40%	53%	55%
	Komposisi Gas		
Rata-rata CO (%)	22,6	23,1	24,1
Rata-rata CH ₄ (%)	0,9	1,1	1,3
Rata-rata H ₂ (%)	11,0	10,9	11,4

Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Suhu Dalam Reaktor

Dari hasil eksperimen terlihat adanya perbedaan suhu dalam reactor seperti pada gambar 3. Perbedaan suhu menggambarkan telah terbentuk daerah gasifikasi dalam reactor, yaitu daerah pembakaran, reduksi dan pirolisa. Berdasarkan hasil eksperimen maka gas mampu bakar akandidapat jika temperature didaerah pembakaran mencapai di atas 700°C.

Membesar laju aliran udara menyebabkan suhu dalam reactor meningkat. Hal ini disebabkan laju aliran volume udara yang tinggi, maka penetrasi udara ke unggun tempurung lebih besar dibandingkan laju alir volume udara yang rendah. Dengan demikian tempurung kelapa yang teroksidasi akan lebih panas (panas yang dihasilkan akan lebih besar) pada laju alir volume yang tinggi. Panas yang lebih besar akan memberikan pengaruh yang baik pada reaksi-reaksi kesetimbangan pada daerah reduksi dan pirolisa



Gambar 3. Laju aliran udara vs suhu reactor

Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Komposisi Gas Yang Dihasilkan

Dari hasil pengujian tempurung kelapa dapat menghasilkan gas mampu bakar seperti pada Tabel 4. Untuk gas CO terlihat bahwa semakin tinggi laju alir udara yang diberikan, maka jumlah CO yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini karena laju alir udara yang digunakan masih dalam batas udara stoikiometri untuk proses gasifikasi, sehingga

pengurangan produk CO akibat penambahan laju alir udara belu terlihat.

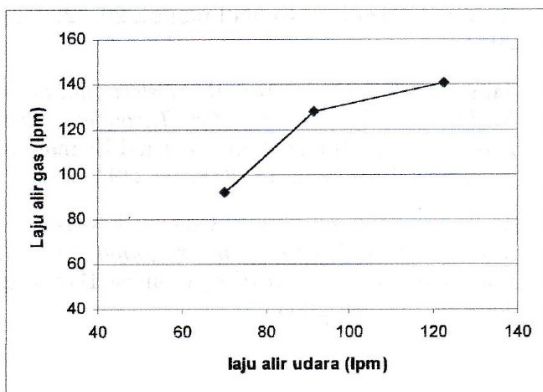
Untuk jumlah H₂ dan CH₄ sangat ditentukan oleh temperatur yang terjadi dalam reactor, terutama temperatur didaerah reaktor, terutama didaerah reduksi karena kedua unsur ini merupakan produk utama daerah reduksi. Eksperimen menunjukkan bahwa suhu daerah reduksi cenderung naik dengan naiknya laju alir udara, sehingga mengakibatkan H₂ dan CH₄ cenderung meningkat.

Tabel 4. Gas Mampu Bakar Yang Dihasilkan

Laju Alir Udara (Ipm)	Komposisi CO (%mol)	Komposisi CH ₄ (%mol)	Komposisi H ₂ (%mol)
70,2	22,6	0,9	11,0
91,4	23,1	1,1	10,9
122,4	24,1	1,3	11,4

Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Laju Alir Gas Yang Dihasilkan

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar laju aliran udara, maka semakin besar pula laju aliran gas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya suplai udara maka jumlah oksigen yang untuk pembakaran pada daerah oksidasi juga semakin meningkat. Selanjutnya semakin banyak pula CO₂ dan arang karbon yang terbentuk. Di daerah reduksi, akan semakin banyak reaksi CO₂ dengan H₂O membentuk gas CO dan H₂ serta semakin banyak karbon dan hidrokarbon membentuk gas metana. Dengan demikian makin banyak producer gas yang dihasilkan, artinya laju alir gas meningkat sesuai laju alir udara.

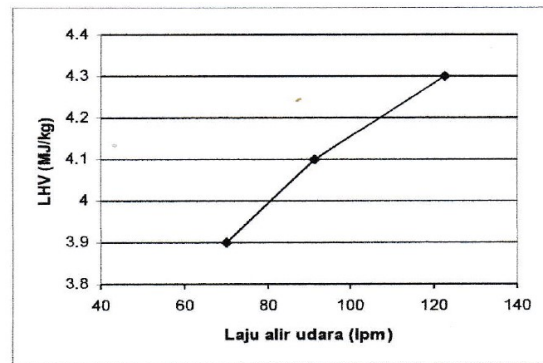


Gambar 4. Laju Aliran Udara vs Laju Aliran Gas Yang Dihasilkan

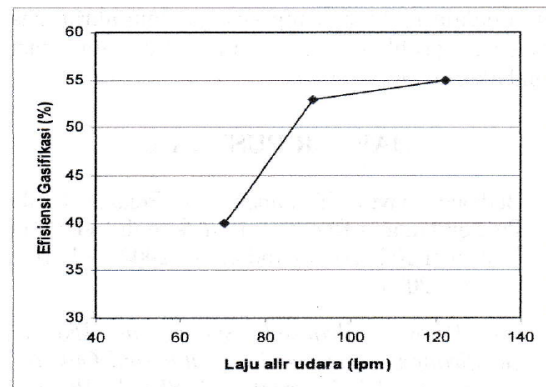
Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Efisiensi Gasifikasi

Gambar 6 menjelaskan dengan meningkatnya laju aliran udara, maka efisiensi gasifikasi akan meningkat. Hal ini disebabkan dengan semakin meningkatkan laju aliran udara maka laju aliran gas dan LHV gas hasil proses gasifikasi akan meningkat.

Gambar 5 menyebabkan peningkatan efisiensi gasifikasi. Efisiensi yang dicapai dalam penelitian ini bukan merupakan efisiensi maksimum karena efisiensi ini makin terus naik mencapai suatu titik maksimum tertentu yang kemudian akan terus turun seiring dengan semakin meningkatnya laju alir udara pembakaran. Peningkatan laju alir udara ini akan mengakibatkan gas mampu bakar dihasilkan akan berkurang, karena pembakaran yang terjadi semakin sempurna.



Gambar 5 Laju Aliran Udara vs LHV Gas

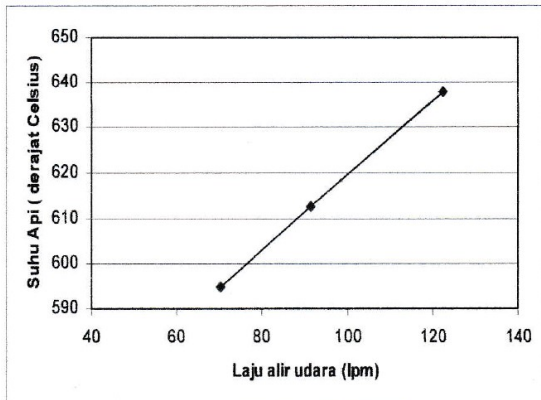


Gambar 6. Laju Aliran Udara vs Efisiensi Gasifikasi

Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Suhu Api Hasil Proses Pembakaran Gas Hasil Gasifikasi.

Gambar 7 memperlihatkan semakin besar laju aliran udara, maka suhu api yang dihasilkan semakin meningkat. Ini disebabkan karena dengan semakin meningkatnya laju aliran udara, maka temperature daerah pembakaran akan meningkat

yang mengakibatkan terjadinya kesetimbangan reaksi dalam reactor, sehingga mengakibatkan gas mampu bakar akan meningkat.



Gambar 7. Laju Aliran Udara vs Suhu Api

Kesimpulan

Dari hasil penelitian proses gasifikasi tempurung kelapa menggunakan updraft gasifier pada beberapa variasi laju aliran udara pembakaran dapat menghasilkan gas mampu bakar (CO, CN₄ . H₂) secara continue selama lebih kurang 3 jam operasi.

Peningkatan laju aliran udara akan meningkatkan suhu dalam reactor, komponen gas, laju aliran gas, efisiensi gasifikasi dan temperature api hasil pembakaran produser gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, Tantangan Pengembangan Energi Peluang Usaha Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia, Konversi Kelistrikan di Indonesia 2003, Jakarta Oktober 2003.
- Lady, Peter, "Advanced Sistem in Biomass Gasification- Commercial Reality and Outlook" Paper, the III Internasional Slovak Biomass Forum Bratislava, Februari 3-5, 2003.
- Savanakumar, " Eksperimental Investigasion of Long Stick Wood Gasification in Bottom Lift Updraft Fixed Bed Gasifier , Internasional Journal fuel Procesing Technology, Elsevier, 2007.
- Wang, Yang, "Performance Optimation of Two- Staged Gasification System for Woody Biomass" Internasional Journal Fuel Processing Technology, Elsevier, 2007.