

Pengujian Kompor Gasifikasi Biomassa dengan Tiga Jenis Bahan Bakar

Testing on Biomass Gasification Stove with Three Types of Biomass

Iim Imaduddin¹, Budianto Lanya², Agus Haryanto²

1. Alumnus of Agriculture Engineering Departement University of Lampung

2. Lecturer of Agriculture Engineering Departement University of Lampung

Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35415

**)Corresponding author email: agusharyanto@unila.ac.id (ph. 081379078674)*

ABSTRACT

The objective of this research was to test a biomass gasification stove. The experiment was conducted according to standard of boiling test from Baldwin. Biomass gasification stove was constructed from 1-mm zinc plate and had a dimension of 54 cm of height and 31 cm of diameter with combustion chamber capacity 5.89 liters. Water was boiled with three types of biomass, namely wood, wood shavings, and rice husk. Five liters of water was used in all experiments which were replicated three times. Parameters to be observed included fuel consumption, boiling time, power of the stove, and thermal efficiency. The results showed that the stove was not working using rice husks due to no sufficient air flow through the rice husks pilling. The stove was working good using either woodfuel or wood shavings. The average time to boil 5 liters of water using woodfuel and wood shavings was 14.47 minutes and 22.13 minutes, respectively. Fuel consumption to boil 5 liters of water was 689.5 g using woodfuel and 619.67 g using wood shavings. The input and output power of the stove was respectively 12.12 kW and 2.47 kW with woodfuel. With wood shavings, the input and power of the stove was 8.24 kW and 1.64 kW, respectively. The gasification stove had thermal efficiency of 19.93% with wood shavings and 20.41% with woodfuel. It was better than thermal efficiency of a common traditional wood stove, which had thermal efficiency of 15.49%.

Keywords: biomass, gasification stove, thermal efficiency, boiling time, power.

Naskah ini diterima pada tanggal 5 Februari 2013, direvisi pada tanggal 19 Februari 2013 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 15 April 2013

PENDAHULUAN

Bahan bakar hasil dari pertambangan yang sekarang dikenal luas merupakan sumber bahan bakar yang sangat vital dan merupakan kebutuhan primer masyarakat saat ini, bahan bakar tambang adalah bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. Cadangan minyak bumi Indonesia saat ini semakin menipis dan hanya tersisa bagi pemanfaatan selama 23 tahun, cadangan batu bara di Indonesia tersisa untuk 146 tahun, cadangan gas untuk 62 tahun. Pemanfaatan sumber energi fosil

secara hemat, bijak, dan pengembangan sumber energi terbarukan merupakan langkah terbaik bagi penyediaan energi secara berkelanjutan (Berita Sore, 2009).

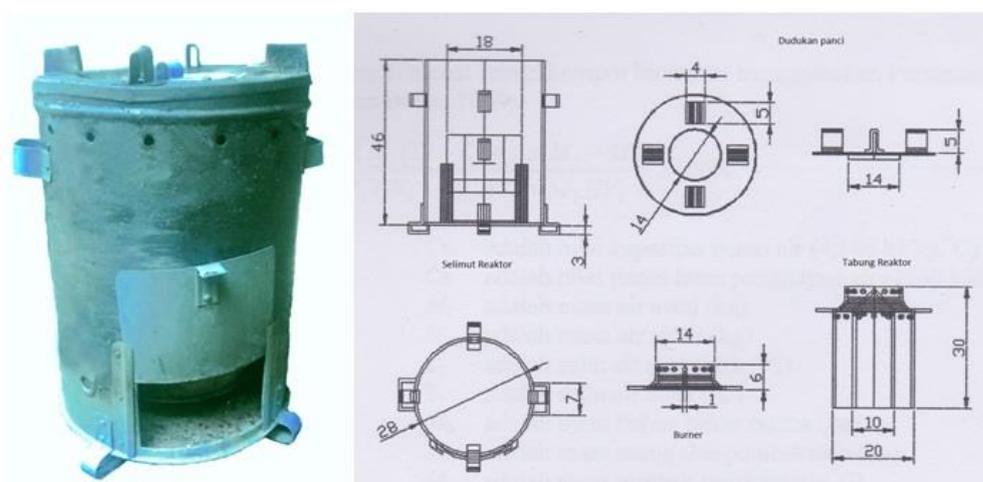
Biomassa memiliki prospek yang baik sebagai bioenergi yang ramah lingkungan, karena karbondioksida yang dihasilkan dari pembakaran biomassa pada akhirnya akan digunakan kembali oleh tanaman dalam fotosintesis. Hasil pembakaran dari biomassa menghasilkan tingkat polusi yang jauh lebih rendah dari pada bahan bakar batu bara (Kong, 2010). Penggunaan biomassa pada proses memasak dengan tungku tradisional (non gasifikasi) tidak berjalan mulus karena hasil pembakaran menimbulkan asap yang sangat banyak, keadaan dapur terlihat kotor, tidak praktis dalam penggunaan dan pemindahan.

Pada kompor gasifikasi terjadi dua tahap pembakaran sehingga mempunyai nyala api yang lebih bersih. Menurut Suyitno (2007), gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termo kimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan untuk proses pembakaran.

Gasifikasi merupakan metode yang efisien dalam mengkonversi material organik menjadi energi dan merupakan aplikasi yang bersih. Gas sintesis memiliki dua keuntungan yaitu bisa dibakar langsung pada *internal combustion engine* ataupun diproses lebih lanjut menjadi metanol dan hidrogen (Pambudi, 2008). Penelitian ini bertujuan untuk menguji kompor gasifikasi biomassa dengan tiga jenis bahan bakar. Penelitian ini diharapkan bisa menghasilkan kompor gasifikasi berbahan bakar biomassa yang efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di bengkel mekanisasi pertanian Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung pada bulan September sampai Desember 2011.



Gambar 1. Kompor gasifikasi biomassa yang diuji (kiri) dan dimensinya (kanan)

Pembuatan kompor

Komponen dan dimensi kompor gasifikasi biomassa terlihat pada Gambar 1. Selimut reaktor berdimensi tinggi 54 cm dan diameter 31 cm. Tabung reaktor terdiri dari dua bagian yaitu tabung luar yang berdimensi tinggi 25 cm dan diameter 20 cm, tabung dalam yang berdimensi tinggi 30 cm dan diameter 10 cm. Pada sisi bagian bawah selimut reaktor dibuat sebuah pintu untuk mengeluarkan abu dan sebagai tempat masuknya udara sekunder. *Burner* berdimensi tinggi 6 cm dan berdiameter 14 cm, terdapat lubang berdiameter 1 cm yang dibuat mengelilingi *burner*.

Pengujian

Pengujian kompor biomassa dilakukan menggunakan metode pendidihan 5 liter air standar dari Baldwin (1987) untuk bahan bakar serutan kayu dan sekam padi. Untuk bahan bakar kayu karet dididihkan 2 kali masing-masing 5 liter air. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Pengamatan dilakukan terhadap kebutuhan bahan bakar awal, waktu mendidihkan air, efisiensi termal, dan daya kompor.



Gambar 2. Pengujian kompor gasifikasi mendidihkan air.

Efisiensi termal kompor biomassa dihitung menggunakan persamaan yang dimodifikasi dari Baldwin (1987):

$$\eta_{th} = \frac{C_p \times W_i(T_f - T_i) + h_{fg}(W_i - W_f)}{M_b HV_b - M_c HV_c + M_k HV_b} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

C_p adalah nilai panas jenis air (kJ/kg°C)

h_{fg} adalah nilai panas laten penguapan air (kJ/kg)

W_i adalah masa air awal (kg)

W_f	adalah masa air akhir (kg)
T_f	adalah suhu air mendidih ($^{\circ}\text{C}$)
T_i	adalah suhu air awal ($^{\circ}\text{C}$)
M_b	adalah massa bahan bakar kayu (kg)
M_c	adalah massa arang (kg)
M_k	adalah massa minyak tanah <i>starter</i> (kg)
HV_b	adalah nilai kalori bahan bakar kayu (kJ/kg)
HV_c	adalah nilai kalori arang (kJ/kg)
HV_b	adalah nilai kalori minyak tanah <i>starter</i> (kJ/l)

Nilai panas jenis dan panas laten untuk air berturut-turut adalah 4,186 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$ dan 2260 kJ/kg (Cengel dan Boles, 1989).

Daya kompor biomassa dihitung menggunakan Persamaan 2

$$P = \frac{E}{t} \quad (2)$$

Dimana:

P adalah daya (kW)

E adalah total energi (kJ). Untuk daya input E sama dengan penyebut pada persamaan (1).

Sedangkan untuk daya output E sama dengan pembilang pada persamaan (1).

t adalah waktu (s)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe kompor biomassa dengan prinsip gasifikasi yang dibuat menggunakan bahan plat seng yang mempunyai ketebalan 1 mm memiliki dimensi tinggi 54 cm dan diameter 31 cm. Kompor biomassa dapat menampung bahan bakar sebanyak 5,89 liter.

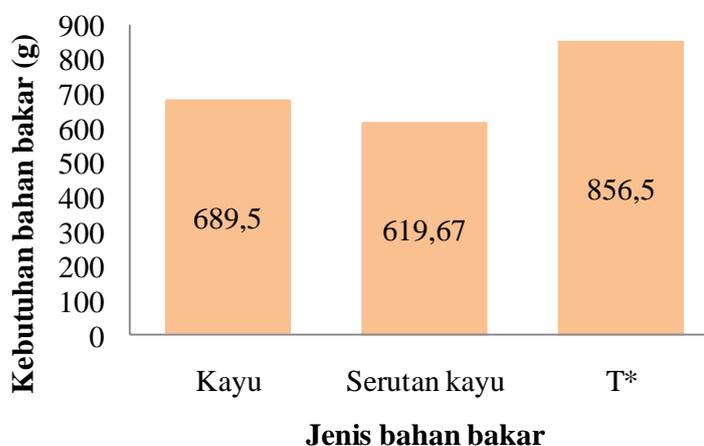
Pada pengujian menggunakan sekam padi tidak berjalan baik karena pada kompor gasifikasi tidak bisa menyala disebabkan tidak cukup aliran udara melewati sekam padi. Hal ini diduga karena sekam padi terlalu rapat sehingga sedikit udara yang mengalir. Hasil pengujian menggunakan bahan bakar kayu dan serutan kayu dapat dilihat pada Tabel 1.

Waktu penyalaan awal atau penyulutan hingga api stabil pada pengujian menggunakan bahan bakar kayu lebih lama (5,75 menit) dibandingkan dengan bahan bakar serutan kayu (0,67 menit). Hal ini dipengaruhi oleh struktur bahan bakar kayu yang keras dan padat sehingga api lama merambat, sedangkan pada bahan bakar serutan kayu mempunyai struktur mudah patah dan berbentuk lembaran tipis.

Tabel 1. Rata-rata pengujian kompor gasifikasi menggunakan bahan bakar kayu dan serutan kayu.

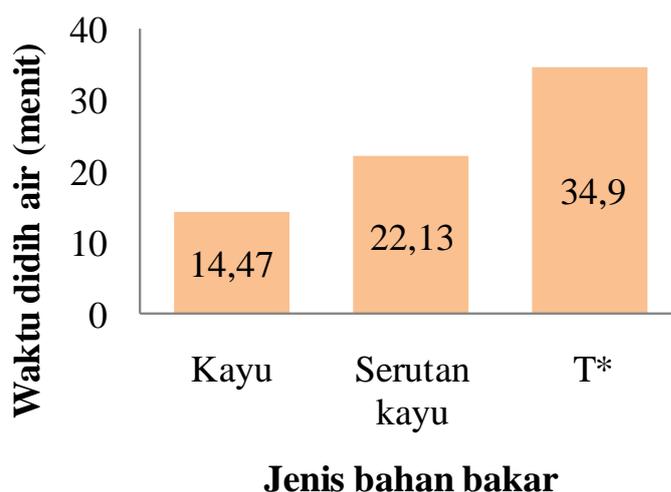
No.	Parameter	Bahan bakar	
		Kayu	Serutan kayu
1	Suhu awal air (°C)	31	31
2	Massa minyak tanah (g)	10	10
3	Massa bahan bakar awal (g)	1379	619,67
4	Suhu nyala api (°C)	825	729,67
5	Massa air awal (g)	10000	5000
6	Lama penyulutan (menit)	5,75	0,67
7	Lama mendidihkan air (menit)	29,25	22,13
8	Suhu akhir air (°C)	100	100
9	Massa air akhir (g)	9238,33	4674
10	Massa arang (g)	193,67	13,67

Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara umum kompor gasifikasi biomassa ini memiliki keunggulan dibandingkan tungku biomassa komersial pot tebal yang mulai banyak dipakai masyarakat. Hal ini dapat dilihat dari konsumsi bahan bakar dan waktu didih air yang masing-masing lebih rendah serta daya dan efisiensi termal yang masing-masing lebih tinggi daripada tungku pot tebal. Gambar 3 menyajikan kebutuhan rata-rata bahan bakar, kompor gasifikasi biomassa. Pada pengujian menggunakan 5 liter air dengan bahan bakar kayu diperlukan 689,5 g, dan dengan bahan bakar serutan kayu diperlukan 619,67 g. Hasil ini menunjukkan bahwa kompor gasifikasi lebih hemat dalam penggunaan bahan bakar dibandingkan tungku tradisional pot tebal. Undadreja (2011) melaporkan bahwa tungku biomassa tradisional pot tebal memerlukan 856,5 g kayu untuk mendidihkan 5 liter air. Hasil ini juga menunjukkan bahwa variasi bentuk dan penggunaan bahan bakar yang digunakan sangat berpengaruh terhadap waktu operasi kompor Prayogo (2009) juga melaporkan fenomena ini.



Gambar 3. Rata-rata kebutuhan bahan bakar kompor/tungku biomassa (T* adalah tungku tradisional pot tebal)

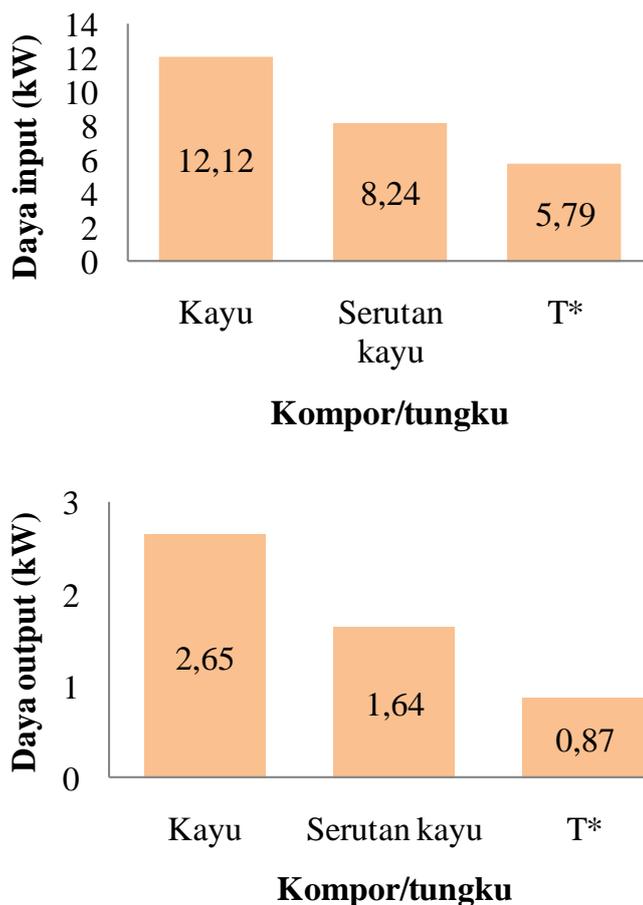
Gambar 4 memperlihatkan bahwa kompor gasifikasi dengan bahan bakar kayu memerlukan waktu didih yang lebih cepat yaitu 14,47 menit dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar serutan kayu 22,13 menit. Hal ini mengisyaratkan bahwa bentuk bahan bakar kayu berpengaruh terhadap kecepatan mendidihkan air. Waktu didih tungku tradisional pot tebal adalah 34,90 menit (Undadraja, 2011). Dengan demikian, kompor gasifikasi biomassa ini lebih cepat dalam mendidihkan air, yaitu kurang dari setengah waktu yang diperlukan tungku tradisional.



Gambar 4. Rata-rata waktu mendidihkan air 5 liter

Cepatnya waktu memasak air ini tidak terlepas dari besarnya daya yang dihasilkan oleh kompor gasifikasi, baik daya input maupun daya output. Daya input pada kompor dihitung dari nilai energi bahan bakar yang terpakai dibagi dengan lama waktu untuk mendidihkan air, sedangkan daya output dihitung dari energi yang berguna dibagi dengan waktu. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa kompor gasifikasi biomassa memiliki daya input dan output yang lebih besar dibandingkan dengan tungku tradisional. Besarnya daya juga dipengaruhi oleh bentuk bahan bakar. Bahan bakar serutan kayu dengan energi per satuan volume rendah menghasilkan daya kompor yang lebih rendah dibandingkan potongan kayu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompor gasifikasi biomassa ini memiliki efisiensi termal sekitar 20% (Tabel 2). Jenis kayu tampaknya tidak banyak memberikan pengaruh. Efisiensi termal kompor ini lebih baik dari efisiensi termal tungku tradisional yang hanya 15,49% (Undadraja 2011), tetapi masih lebih rendah dari efisiensi kompor minyak yang mencapai 47,5% (Haryanto dan Triyono, 2010) maupun tungku gasifikasi lain yang mencapai > 30% (Reed *et al*, 2000) sehingga masih perlu penyempurnaan.



Gambar 5. Daya input (atas) dan output (bawah) kompor biomassa

Tabel 3 memperlihatkan perbandingan efisiensi termal kompor gasifikasi dengan tungku lain.

Tabel 2. Rata-rata energi total penggunaan bahan bakar kayu dan serutan kayu

Jenis bahan bakar	Energi input (kJ)				Energi input (kJ)			Efisiensi termal (%)
	Bahan bakar	Minyak tanah	Arang sisa	Total	Panas laten	Panas sensibel	Panas berguna	
Kayu	23752,6	470,9	3176,4	21047,1	1404,3	2888,3	4292,6	20,4
Serutan kayu	10694,8	470,9	24,15	10941,6	736,8	1444,2	2180,1	19,9

Tabel 3. Efisiensi termal beberapa kompor/tungku biomassa

Jenis kompor	Bahan bakar	Efisiensi (%)	Referensi
Kompor Belonio Modifikasi*	Sekam padi	29,57	Harahap (2009)
	Serutan kayu	20,98	
Tungku pot tebal	Kayu	15,49	Undadraja (2011)
Tungku bata	Kayu	13,42	
Kompor gasifikasi	Kayu	20,41	Penelitian ini
	Serutan kayu	19,93	

*) memerlukan kipas untuk mengalirkan udara pembakaran

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kompor gasifikasi biomassa dengan bahan bakar kayu memiliki daya input 12,12 kW, daya output 2,47 kW, dan dapat mendidihkan 5 liter air 14,47 menit.
2. Efisiensi termal kompor gasifikasi biomassa dengan bahan bakar kayu adalah 20,41%.
3. Kompor gasifikasi biomassa ini tidak dapat digunakan dengan bahan bakar sekam padi.

Saran

1. Perlu adanya modifikasi tabung reaktor karena efisiensi yang dimiliki kompor ini dirasa masih bisa ditingkatkan.
2. Perlu adanya tempat penyimpanan bahan bakar yang menyatu dengan kompor sehingga mempermudah dalam penambahan bahan bakar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Riset penulis dibiayai oleh Hibah Penelitian Strategis dari DP2M DIKTI dengan kontrak No; 411/SP2H/PL/Dit.Litabmas, tanggal 14 April 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Baldwin, S.F. 1987. *Biomass Stoves: Engineering Design, Development, and Dissemination*. Volunteers in Technological Development (VITA), Arlington, VA. USA. 281 hlm.
- Berita sore. 2009. *Cadangan Minyak Bumi Indonesia Tersisa 23 Tahun*. Edisi 4 Maret 2009.
- Haryanto, A. dan Triyono, S. 2010. Kinerja Energetik Tungku Dapur Rumah Tangga. *Seminar Nasional SATEK III*. Universitas Lampung, Bandar Lampung, 18-19 Oktober 2010.
- Kong, G.T. 2010. *Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta. 159 hlm.
- Pambudi, N.A. 2008. *Energi Alternatif itu Bernama Biomassa*. Diakses pada tanggal 3 September 2009. <http://netsains.net/2008/03/energi-alternatif-itu-bernama-biomassa/>.
- Reed, T.B., Anselmo, E. and Kircher, K. 2000. Testing & Modeling the Wood-Gas Turbo Stove. Presented at the *Progress in Thermochemical Biomass Conversion Conference*. Tyrol, Austria, September 17-22, 2000.
- Suyitno. 2007. *Pengolahan Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Pirolisis Lambat*. Diakses pada tanggal 3 September 2009. www.balitbangda.go.id.
- Undadraja, B. 2011. *Kajian Unjuk Kerja Kompor dan Tungku Rumah Tangga*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.