

KINERJA KOMPOR GASIFIKASI NATURAL DRAFT DENGAN BAHAN BAKAR LIMBAH KAYU JATI

Indra Hidayatul Mubarah, David Andrio, Zulfansyah*

Laboratorium Perancangan dan Pengendalian Proses
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas km 12,5 Pekanbaru 28293
*E-mail: zulfansyah@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

The gasification stove is one of the technologies for converting biomass into thermal energy for cooking that energy saving and environmental friendly. The gasification stove can increase thermal efficiency up to twice and the energy relatively larger than biomass combustion with conventional methods. The objective of research is to study the effect of secondary air flow rates on the performance of the gasification stove. This research uses three units gasification stove with dimension outer cylinder of the stove 1 ($H_1 = 30$ cm, $D_1 = 17$ cm); stove 2 ($H_2 = 30$ cm, $D_2 = 20$ cm) and stove 3 ($H_3 = 30$ cm, $D_3 = 23$ cm). While the fuel used is teak wood. To evaluating stove performance procedure WBT (water boiling test) was used with response variables: burning rates, thermal efficiency, and fire power. Color, height, flame temperature of the stove are including in evaluation of stove performance. The experimental result obtained burning rates is approximately 14.03 to 19.55 g/minutes. Thermal efficiency of the natural draft gasification stove is approximately 29.07% to 39.9%, with the highest efficiency is on the stove with cylinder outside the stove in 23 cm diameter. The natural draft gasification stove capable of producing up to 5.9 kWth thermal energy with the highest flame temperature reaches 940°C.

Keywords: biomass, gasification, natural draft, stove, thermal efficiency.

1. PENDAHULUAN

Sektor rumah tangga merupakan pengkonsumsi energi terbesar di Indonesia dengan konsumsi mencapai 383 juta SBM (setara barel minyak) dan 263 juta SBM energi yang terkonsumsi bersumber dari biomassa [Kementerian ESDM, 2018]. Kebutuhan energi untuk memasak pada sektor rumah tangga saat ini masih bergantung pada LPG (*liquefied petroleum gas*). LPG menjadi perhatian banyak kalangan karena produk yang sangat dibutuhkan konsumen, sehingga permintaan meningkat terutama untuk produk bersubsidi LPG 3 kg. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Pasal 20 Ayat (2) No. 26 Tahun 2009 pemerintah telah membatasi konsumen subsidi LPG 3 kg yaitu untuk masyarakat

miskin dan pengusaha mikro. Pembatasan kuota konsumen subsidi LPG 3 kg menyebabkan beberapa kendala sehingga terjadi kelangkaan LPG 3 kg, harga tidak stabil, dan sistem distribusi LPG 3 kg yang belum merata di beberapa daerah pedesaan dibandingkan perkotaan. Sehingga, masyarakat pedesaan masih memanfaatkan biomassa untuk kebutuhan memasak dengan menggunakan tungku tradisional.

Tungku tradisional yang digunakan masyarakat masih sangat sederhana, efisiensi pembakaran rendah, emisi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan tinggi, boros bahan bakar serta menghasilkan asap pembakaran yang berbahaya bagi kesehatan seperti penyakit jantung iskemik, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), dan kanker

paru-paru [WHO, 2016]. Di daerah pedesaan biomassa dapat dengan mudah dijumpai dan dapat langsung digunakan pada proses pembakaran. Biomassa tersedia dalam berbagai bentuk seperti ranting kayu, potongan batang kayu, sisa ketaman kayu, limbah pertanian, batang, dan pelepah sawit. Pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar kompor gasifikasi dapat dijadikan solusi krisis energi di sektor rumah tangga.

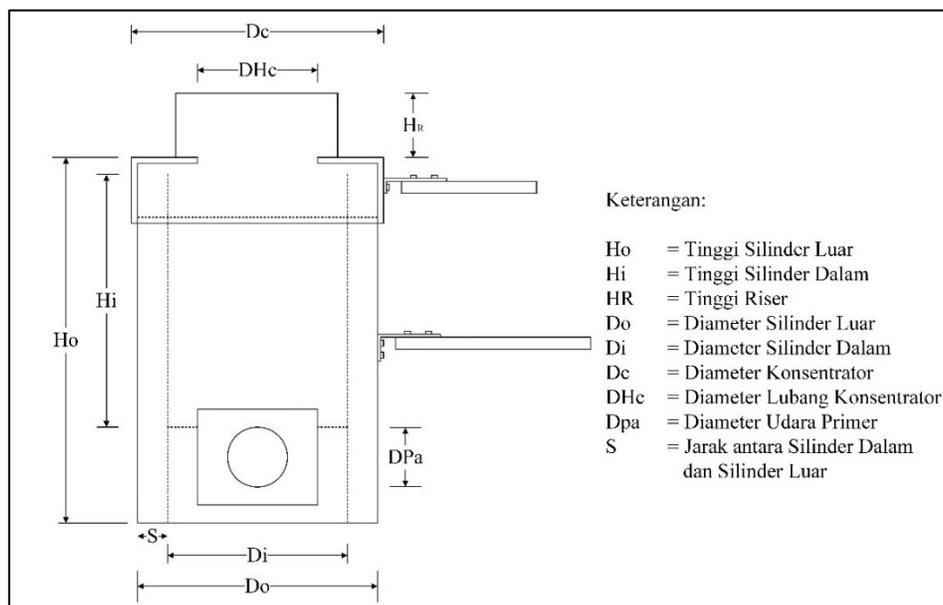
Kompor gasifikasi merupakan teknologi berkelanjutan dari pemanfaatan biomassa dan dapat digunakan untuk kebutuhan memasak. Gasifikasi biomassa merupakan proses konversi bahan bakar padat secara termokimia menjadi gas yang mudah terbakar yang terdiri dari karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂), dan metana (CH₄) [Rajvanshi, 1986]. Konversi biomassa menjadi energi termal menggunakan kompor gasifikasi dapat meningkatkan efisiensi termal hingga dua kali lipat dan energi relatif lebih besar dibandingkan pembakaran biomassa dengan metode konvensional [Panwar, 2009; Andreatta, 2007]. Sehingga, kompor gasifikasi dapat dijadikan salah satu teknologi pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi untuk memasak yang hemat energi dan ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan yaitu kompor gasifikasi sebagai alat utama, termometer dan termokopel sebagai pengukur suhu nyala api serta suhu air. Rancangan dasar kompor gasifikasi mengikuti rancangan Anderson [2008] seperti terlihat pada Gambar 1.

Biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar kompor adalah potongan limbah kayu jati. Biomassa yang akan digunakan dipotong-potong dan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya hingga mencapai kadar air yang diinginkan dan disimpan di dalam kantong plastik untuk menghindari perubahan kadar air. Prosedur pengujian kadar air biomassa mengikuti SNI 08-7070-2005.

Variasi variabel percobaan pada penelitian kinerja kompor gasifikasi *natural draft* adalah dimensi silinder luar kompor. Variasi dimensi diameter (D) dan tinggi (H) pada silinder luar dilakukan untuk mempelajari pengaruh laju alir udara sekunder terhadap performa kompor. Dimensi silinder luar kompor gasifikasi yang digunakan yaitu kompor 1 dengan D₁=17 cm dan H₁=30 cm, kompor 2 dengan



Gambar 1. Disain Kompor Gasifikasi

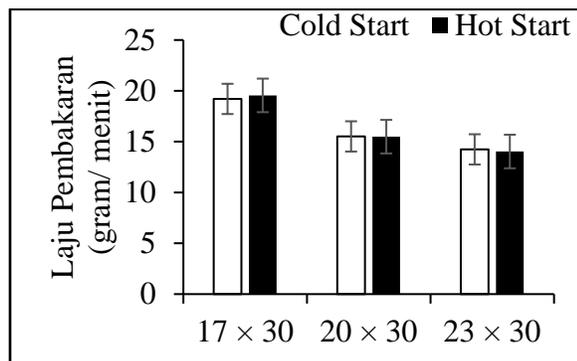
$D_2=20$ cm dan $H_2=30$ cm serta kompor 3 $D_3=23$ cm dan $H_3=30$ cm.

Evaluasi kinerja kompor gasifikasi mengikuti prosedur WBT (*water boiling test*) version 4.2.3 dengan dua tahap percobaan, yaitu tahap *cold start* dan tahap *hot start*. Percobaan dua tahap dilakukan untuk mengetahui kinerja kompor gasifikasi secara rinci yaitu saat kompor dalam kondisi dingin dan pada saat kompor dalam kondisi panas. Selain prosedur WBT, pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran tinggi api dan suhu nyala api. Kinerja kompor gasifikasi dapat dilihat dari beberapa parameter seperti laju pembakaran, efisiensi termal dan *fire power*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Laju pembakaran

Laju pembakaran merupakan laju berkurangnya bahan bakar untuk mendidihkan air. Tahap *hot start* cenderung menghasilkan laju pembakaran yang lebih besar dibandingkan tahap *cold start*. Kondisi kompor yang masih panas pada tahap *hot start* dapat mengurangi jumlah transfer panas dari bahan bakar ke kompor. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap laju pembakaran dapat dilihat pada Gambar 2.



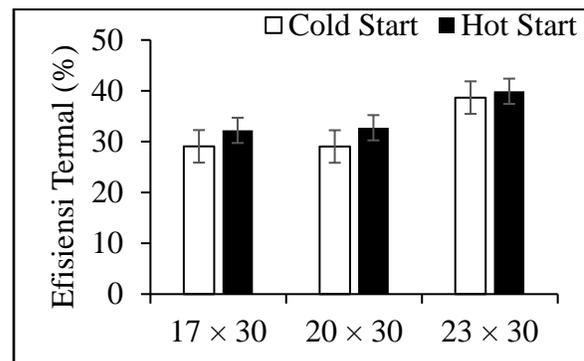
Gambar 2. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap laju pembakaran

Laju pembakaran tertinggi yaitu menggunakan kompor dengan diameter

silinder luar 17 cm yaitu mencapai 19,55 gram/menit. Sedangkan laju pembakaran terendah menggunakan kompor dengan diameter silinder luar 23 cm yaitu 14,03 gram/menit. Kompor dengan diameter silinder luar yang lebih besar dapat menurunkan laju pembakaran pada biomassa sehingga efisiensi termal menjadi tinggi dan waktu nyala semakin lama. Laju pembakaran pada penelitian ini lebih tinggi yaitu 14,03-19,55 gram/menit dibandingkan dengan Sunarya dkk. [2012] yaitu 7,91-22,68 gram/menit.

3.2 Efisiensi termal

Efisiensi termal menggambarkan seberapa besar energi biomassa yang dapat terkonversi oleh kompor menjadi energi termal dalam bentuk nyala api. Pada percobaan ini digunakan 2,5 liter air sebagai media transfer panas untuk menghitung besarnya energi yang dihasilkan oleh kompor. Efisiensi termal dipengaruhi oleh dimensi diameter silinder luar kompor. Semakin besar diameter silinder luar kompor gasifikasi *natural draft* maka semakin besar efisiensi termal yang dihasilkan. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap efisiensi termal dapat dilihat pada Gambar 3.



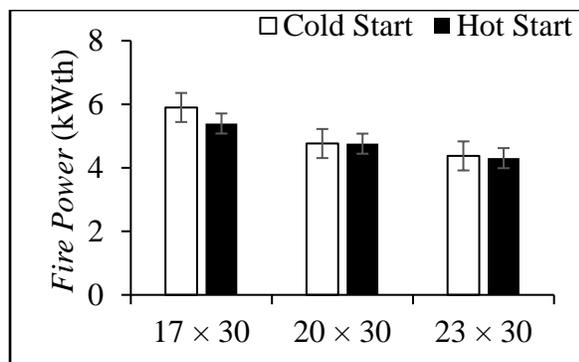
Gambar 3. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap efisiensi termal

Dimensi silinder luar mempengaruhi laju alir udara sekunder berbanding terbalik

dengan penelitian Jain dan Sheth [2019] yang mempelajari pengaruh laju alir udara primer yang menghasilkan nilai efisiensi termal yang semakin menurun dengan laju alir udara primer yang semakin besar. Efisiensi termal tertinggi menggunakan kompor dengan diameter silinder luar 23 cm yaitu mencapai 39,9%. Sedangkan efisiensi termal terendah dihasilkan menggunakan bahan bakar kayu sengon dengan diameter silinder luar 17 cm yaitu 29,07%. Efisiensi termal pada penelitian ini yaitu 29,07-39,9% lebih tinggi jika dibandingkan pada penelitian Jain dan Sheth [2019] yaitu 18-33%.

3.3 Fire power

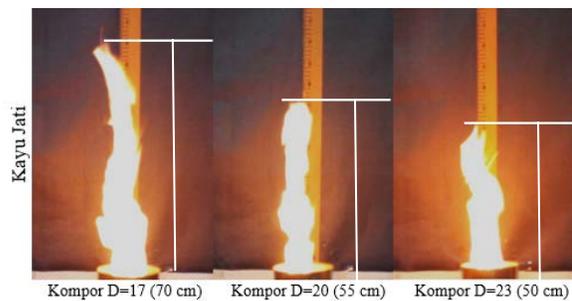
Fire power merupakan perbandingan laju konsumsi bahan bakar persatuan waktu. *Fire power* yang dihasilkan dari pembakaran biomassa dipengaruhi oleh dimensi silinder luar kompor. Semakin besar dimensi silinder luar kompor maka semakin besar laju alir udara sekunder pada kompor. *Fire power* rata-rata kompor gasifikasi *natural draft* yaitu 5,01 kWth dengan rentang 4,13-5,9 kWth. Nilai *fire power* rata-rata pada penelitian ini lebih besar dibandingkan penelitian Huangfu dkk. [2014] dengan kompor *natural draft* yang hanya mencapai 2 kWth. . Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap *fire power* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap *fire power*

3.4 Nyala api

Performa kompor gasifikasi juga dapat ditinjau dari nyala api yang dihasilkan kompor. Pembakaran bahan bakar yang berbeda pada kompor gasifikasi akan menghasilkan nyala api berbeda. Secara umum nyala api yang dihasilkan dari kompor gasifikasi masih berwarna kuning kemerahan dengan nyala api yang terkonsentrasi pada bagian *riser*. Warna nyala api yang kuning kemerahan terjadi karena proses gasifikasi masih belum terjadi dengan sempurna. Peningkatan laju alir udara sekunder yang berlebih menyebabkan suhu api menurun. Hal ini disebabkan oleh besarnya konsentrasi N_2 yang terikut didalam udara, konsentrasi gas inert yang cukup signifikan dapat menurunkan suhu api [Borman dan Ragland, 1998]. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap warna dan tinggi nyala api dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh diameter silinder luar kompor terhadap warna dan tinggi nyala api

Nyala api tertinggi dihasilkan dari kompor berdiameter 17 cm yaitu 70 cm, sedangkan nyala api terendah dihasilkan dari kompor berdiameter 23 cm yaitu 50 cm. Suhu nyala api pada penelitian performa kompor gasifikasi *natural draft* berkisar antara 828-940°C. Suhu kompor yang berkisar antara 828-940°C menunjukkan bahwa proses gasifikasi sudah terjadi yaitu sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa suhu gasifikasi dapat mencapai 700-1400°C [Higman dan Burt, 2008].

4. KESIMPULAN

Laju alir udara sekunder berpengaruh terhadap performa kompor gasifikasi, terutama terhadap efisiensi termal, laju pembakaran, *fire power*, dan nyala api yang dihasilkan kompor. Efisiensi termal yang dihasilkan berada pada rentang 29,07-39,9%, laju pembakaran pada rentang 14,03-19,55 gram/menit, *fire power* pada rentang 4,13-5,9 kWth, dan suhu nyala api pada rentang 828-940°C. Efisiensi termal terbesar dihasilkan dari kompor dengan laju alir udara terbesar yaitu pada kompor dengan silinder luar berdiameter 23 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreatta, D. 2007. A Report on Some Experiments with Top-Lit Up Draft (TLUD) Stove. *presented at the ETHOS 2007 Conference*. 27 January.
- Borman, G.L., dan Ragland, K.W. 1998. *Combustion Engineering*. The McGraw-Hill Companies Inc.
- Higman, C., dan Burgt, M.V.D. 2008. *Gasification*. 2nd edition. Elsevier Inc.
- Huangfu, Y., Li, H., Chen, X., Xue, C., Chen, C., dan Liu, G. 2014. Effect of Moisture Content in Fuel on Thermal Performance and Emission of Biomass Semi-Gasified Cookstove. *Energy for Sustainable Development*. 21: 60–65.
- Jain, T., dan Sheth, P.N. 2019. Design of Energy Utilization Test for a Biomass Cook Stove: Formulation of an Optimum Air Flow Recipe. *Energy*. 166: 1097-1105.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. 2018. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. ISSN 2528-3464. Edisi 16. Jakarta.
- Panwar, N.L. 2009. Design and Performance Evaluation of Energy Efficient Biomass Gasifier based Cook Stove on Multi Fuels. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. 14: 627-633.
- Rajvanshi, A.K. 1986. Biomass Gasification. *Alternatif Energy in Agriculture*. 2(4): 83-102.
- Sunarya, R., Zulfansyah., dan Helianti, S. 2012. Unjuk Kerja Kompor Gasifikasi PP-Plus Berbahan Bakar Limbah Kayu Olahan. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia dan Musyawarah APTEKINDO*.
- World Health Organization (WHO). 2016. Household Air Pollution and Health. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/>. 28 Oktober 2016.