PENGARUH DIMENSI KOMPOR DAN KADAR AIR BIOMASSA TERHADAP KINERJA KOMPOR GASIFIKASI FORCED DRAFT

Zulfansyah*, Hermanto, Muhammad Iwan Fermi

Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km. 12,5 Sp. Baru, Pekanbaru 28293
Email: zulfansyah@unri.ac.id

Abstrak

Tingkat penggunaan biomassa sebagai sumber energi primer di Indonesia cukup tinggi yaitu mencapai 280 juta setara barel minyak (SBM) dan sekitar 84% dari biomassa tersebut digunakan untuk kebutuhan sektor rumah tangga. Penggunaan kompor gasifikasi untuk kebutuhan rumah tangga khususnya untuk kegiatan memasak dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Pada penelitian ini digunakan tiga unit kompor gasifikasi dengan variasi dimensi ruang bakar kompor. Sedangkan bahan bakar yang digunakan yaitu ranting kayu akasia dengan kadar air 7,26%, 9,63% dan 12,58%. Metoda pengujian mengikuti prosedur *water boiling test* (WBT), selain itu waktu operasi dan temperatur nyala api juga menjadi parameter kinerja kompor gasifikasi yang dievaluasi. Efisiensi termal kompor gasifikasi *forced draft* yang dihasilkan yaitu 25,03% hingga 30,44%, dengan efisiensi tertinggi yaitu pada kompor berdiameter 12 cm dan tinggi 16 cm serta biomassa berkadar air 9,63%. Walaupun nyala api yang dihasilkan masih berwarna kuning kemerahan, namun kompor gasifikasi *forced draft* mampu menghasilkan energi termal hingga 3,43 kWth (*kilowatt thermal*) dengan temperatur nyala api tertinggi mencapai 933 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasi kompor gasifikasi sangat berpengaruh terhadap kinerja kompor sehingga disain kondisi operasi kompor perlu disesuaikan dengan kebutuhan pengguna kompor gasifikasi.

Keywords: biomassa, kompor gasifikasi, *forced draft*, efisiensi termal

Abstract

INFLUENCE OF STOVE DIMENSIONS AND BIOMASS MOISTURE CONTENT ON FORCED DRAFT GASIFICATION STOVE PERFORMANCE. Consumption level of biomass as a source of primary energy in Indonesia is quite high, reaching 280 million barrels of oil equivalent (BOE) and approximately 84% of the biomass is has been used for the household sector. The application of gasification stove especially in cooking purposes can increase the efficiency of fuel usage. This research uses three units gasification stove with variation of stove dimension. Acacia wood branches with moisture content 7.26%, 9.63% and 12.58% were used as fuel source. Water boiling test (WBT) procedural was used to evaluate the stove performance. Operating time and flame temperature of the stove also were the parameter of stove performance evaluation. Thermal efficiency of the forced draft gasification stove is approximately 25.03% to 30.44%, the most efficient is 12 cm in diameter and 16 cm high stove with 9.63% biomass moisture content. Although the resulting flame is still reddish yellow, the forced draft gasification stove is capable of producing up to 3.43 kWth (*kilowatt thermal*) thermal energy with the highest flame temperature reaches 933 °C. The results show that the gasification stove operating conditions greatly affect the performance of the stove.

Kata kunci: biomass, gasification stove, forced draft, thermal efficiency

*penulis korespondensi

PENDAHULUAN

Biomassa merupakan sumber energi yang jumlahnya banyak tersedia di alam, sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi sumber energi alternatif pengganti energi fosil. Biomassa di Indonesia sebagian besar berasal dari pertanian dan perkebunan, yaitu mencapai 85% dan sisanya berasal dari hutan (Dewi, 2010). Ketersediaan biomassa sebagai sumber energi primer di Indonesia mencapai 280 juta Setara Barel Minyak (SBM) dan sekitar 84% dari biomassa tersebut digunakan untuk kebutuhan sektor rumah tangga (ESDM, 2010).

Kompur gasifikasi adalah salah satu teknologi pemanfaatan biomassa yang dapat digunakan untuk kebutuhan memasak pada sektor rumah tangga. Gasifikasi merupakan proses konversi bahan bakar padat secara termo-kimia menjadi gas mudah terbakar, yang terdiri dari karbonmonoksida (CO), hidrogen (H_2) dan metana (CH_4) (Rajvanshi, 1986). Konversi biomassa menjadi energi termal menggunakan kompor gasifikasi dapat meningkatkan efisiensi termal hingga dua kali lipat dari pembakaran biomassa secara konvensional (Panwar, 2009).

Sistem pasokan udara kompor gasifikasi dibedakan menjadi *natural draft* dan *forced draft*. Pada kompor *natural draft*, pasokan udara yang minim menyebabkan pembakaran kurang sempurna. Sedangkan pada kompor gasifikasi *forced draft*, pasokan udara sudah mencukupi untuk menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Dengan demikian, kompor gasifikasi tipe *forced draft* emisinya lebih rendah dan efisiensi termal lebih tinggi. Efisiensi termal untuk kompor *forced draft* mencapai 50% (Mukunda dkk., 2010), sedangkan efisiensi termal untuk kompor *natural draft* sekitar 35% (Panwar, 2009). Kelebihan lain dari kompor *forced draft*, yaitu dapat menggunakan berbagai jenis dan variasi ukuran biomassa karena memiliki kemampuan untuk mengatasi hilangnya tekanan (Reed dkk., 2000).

Faktor lain yang berpengaruh terhadap kinerja kompor gasifikasi adalah dimensi ruang bakar yang meliputi tinggi dan diameter ruang bakar. Semakin besar diameter ruang bakar maka panas dan efisiensi termal yang dihasilkan akan semakin besar. Kompor gasifikasi dengan diameter ruang bakar 32 cm memiliki efisiensi termal hingga 50%, sedangkan penggunaan kompor dengan ruang bakar berdiameter 26 cm hanya

menghasilkan efisiensi termal 45% (Mukunda dkk., 2010). Sementara itu, tinggi ruang bakar pada kompor berpengaruh terhadap lama proses gasifikasi. Semakin tinggi reaktor maka semakin lama waktu kompor beroperasi (Belonio, 2005). Pengaruh tinggi ruang bakar hanya terjadi pada kompor dengan sistem batch karena pada kompor jenis ini tinggi unggun bahan bakar akan terus berkurang selama proses gasifikasi.

Kinerja kompor terbaik didapatkan dari optimalisasi dimensi kompor gasifikasi, laju alir udara dan kondisi bahan bakar. Namun demikian penelitian tentang pengaruh dimensi kompor gasifikasi *forced draft* terhadap kinerja kompor belum banyak dilakukan. Untuk itu, penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh variasi dimensi kompor dan bahan bakar terhadap kinerja kompor gasifikasi *forced draft*. Dengan hasil penelitian ini, pemanfaatan biomassa dengan kompor gasifikasi sebagai sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan untuk keperluan memasak diharapkan dapat ditingkatkan.

METODE

Ranting kayu akasia digunakan sebagai bahan bakar pada evaluasi kinerja kompor gasifikasi *forced draft* dengan panjang ± 4 cm. Bahan bakar yang akan digunakan terlebih dahulu dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya hingga mencapai kadar air yang diinginkan. Rangkaian alat yang percobaan evaluasi kinerja kompor gasifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Variasi variabel percobaan pada penelitian evaluasi kinerja kompor gasifikasi *forced draft* adalah dimensi ruang bakar dan kadar air biomassa sebagai bahan bakar. Dimensi tersebut meliputi diameter (D) dan tinggi (H). Kompor gasifikasi yang digunakan yaitu Kompor 1 dengan $D_1 = 10$ cm dan $H_1 = 16$ cm, Kompor 2 dengan $D_2 = 12$ cm dan $H_2 = 16$ cm serta Kompor 3 dengan $D_3 = 12$ cm dan $H_3 = 20$ cm. Kadar air kayu akasia sebagai bahan bakar juga divariasikan, yaitu pada nilai sekitar 7,5%, 10%, dan 12,5 %-berat.

Evaluasi kinerja kompor gasifikasi mengikuti prosedur *water boiling test* (WBT) (Bailis dkk., 2007; Yuntanwi dkk., 2008). Prosedur WBT terdiri dari 3 tahapan yaitu tahap *hot start*, *cold start*, dan *simmering*. Selain prosedur WBT, pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran temperatur nyala api

dan lama operasi kompor gasifikasi yang diberi umpan biomassa secara batch. Pengukuran temperatur nyala api dilakukan pada bagian tengah nyala api menggunakan termokopel tipe K. Kinerja kompor gasifikasi

dapat dilihat dari beberapa parameter seperti waktu *startup*, laju pembakaran, *fire power*, dan efisiensi termal. Skema percobaan *water boiling test* dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 1. Rangkaian alat percobaan kompor gasifikasi

Gambar 2. Skema percobaan *water boiling test*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan evaluasi kinerja kompor gasifikasi *forced draft* menunjukkan hasil yang meliputi temperatur nyala api, waktu *startup*, waktu operasi, laju konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan *fire power*. Kompor gasifikasi pada penelitian ini yaitu kompor *forced draft* dengan aliran udara bersumber dari kipas berarus 0,12 Ampere dan tegangan 12 Volt, dengan listrik dipasang dari adaptor yang telah terhubung ke jaringan listrik PLN. Ranting kayu akasia yang digunakan sebagai bahan bakar kompor gasifikasi terlebih dahulu dipotong-potong dan dikeringkan hingga kadar air tertentu. Densitas unggun untuk ranting kayu akasia dengan kadar air berbeda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Densitas Unggun untuk Variasi Kadar Air Biomassa

No.	Kadar Air	Densitas Unggun (gram/cm ³)
1	12,58%	0,281
2	9,63%	0,260
3	7,26%	0,249

Evaluasi kinerja gasifikasi *forced draft*

Percobaan evaluasi kinerja kompor gasifikasi mengikuti prosedur *water boiling test* (Bailis dkk., 2007). Temperatur nyala api pada percobaan ini berkisar antara 894 °C sampai dengan 933 °C. Temperatur tertinggi dihasilkan dari kompor 2 dengan bahan bakar berkadar air 7,26%. Temperatur kompor menunjukkan bahwa proses gasifikasi sudah terjadi karena berdasarkan literatur temperatur gasifikasi berlangsung diatas 800 °C (Higman dan van der Burgt, 2011). Namun nyala api yang dihasilkan dari kompor gasifikasi masih berwarna kuning kemerahan. Nyala api yang kuning kemerahan terjadi karena proses gasifikasi masih belum berjalan dengan sempurna. Hal ini terjadi karena pencampuran udara dan bahan masih kurang baik.

Waktu *startup*

Densitas unggun dapat mempengaruhi waktu *startup* kompor gasifikasi. Semakin rendah densitas unggun bahan bakar maka semakin singkat waktu *startup* (Yuntenwi dkk., 2008). Densitas unggun identik dengan kadar air biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar. Selain itu, diameter kompor gasifikasi juga berpengaruh terhadap waktu *startup*. Diameter yang kecil menghasilkan

luas areal pembakaran yang besar dan biomassa akan lebih mudah terbakar. Grafik pengaruh dimensi kompor dan kadar air biomassa terhadap waktu *startup* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Gambar 3. Pengaruh dimensi kompor terhadap waktu *startup*

Gambar 4. Pengaruh kadar air biomassa terhadap waktu *startup*

Kompor gasifikasi dengan diameter 10 cm membutuhkan waktu *startup* lebih lama yaitu mencapai 4,36 menit jika dibandingkan dengan kompor berdiameter 12 cm yang hanya 2,84 menit, sedangkan tinggi dari ruang bakar kompor tidak terlalu berpengaruh terhadap waktu *startup* kompor. Bahan bakar dengan kadar air 12,58% lebih sulit untuk dinyalakan, sehingga waktu *startup* yang dibutuhkan mencapai 2,84 menit. Hal ini terjadi karena semakin banyak kadar air biomassa maka akan semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam biomassa hingga bahan bakar bereaksi pada reaksi pembakaran.

Waktu operasi

Waktu operasi kompor dapat dipengaruhi oleh dimensi kompor dan kadar air bahan bakar. Semakin tinggi ruang bakar kompor maka akan semakin lama kompor dapat beroperasi. Namun hal ini hanya berlaku untuk kompor dengan sistem

pembakaran *batch* (Umogbai dan Orkuma, 2011). Pengaruh dimensi kompor terhadap waktu operasi dapat dilihat pada Gambar 5. Selain itu, kadar air bahan bakar juga mempengaruhi lama operasi kompor. Grafik pengaruh kadar air biomassa terhadap waktu operasi dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 5. Pengaruh dimensi kompor terhadap waktu operasi

Gambar 6. Pengaruh kadar air biomassa terhadap waktu operasi

Pengaruh tinggi kompor gasifikasi terhadap waktu operasi tampak dari waktu operasi kompor 2 dengan tinggi 16 cm yang hanya mencapai 27,9 menit. Sedangkan pada kompor 3 dengan tinggi 20 cm, kompor dapat menyala hingga 32,23 menit. Hal ini terjadi karena semakin tinggi ruang pembakaran kompor maka semakin banyak jumlah biomassa yang dapat diumpankan dalam satu *batch* (Ariho dkk., 2011). Selain itu, kadar air bahan bakar yang semakin kecil memudahkan biomassa bereaksi dengan udara dan kemudian terbakar. Kompor dengan biomassa berkadar air 7,26% hanya mampu beroperasi selama 24,41 menit, sedangkan penggunaan biomassa berkadar air 12,58% mampu menghasilkan nyala api selama 27,9 menit.

Fire power

Luas penampang ruang bakar dapat mempengaruhi *fire power* yang dihasilkan

kompor gasifikasi. Luas penampang dapat ditinjau dari diameter kompor gasifikasi. Semakin besar diameter kompor maka akan semakin besar pula daya yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin banyak biomassa yang terbakar pada waktu bersamaan dan menghasilkan nyala api yang lebih besar. Adapun pengaruh dimensi kompor gasifikasi terhadap *fire power* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7. *Fire power* terbesar dihasilkan dari Kompor 2 yang berdiameter 12 cm, yaitu mencapai 3,16 kWth (*kilowatt thermal*). Sedangkan *fire power* terkecil dihasilkan dari Kompor 1 yang berdiameter 10 cm yaitu hanya mencapai 2,37 kWth.

Gambar 7. Pengaruh dimensi kompor terhadap fire power

Selain itu, *fire power* juga dapat dipengaruhi oleh kadar air bahan bakar. Dari hasil percobaan diketahui bahwa semakin besar kadar air bahan bakar maka *fire power* yang dihasilkan cenderung menurun. Hal ini terjadi karena pada proses gasifikasi dibutuhkan H_2O pada kadar tertentu untuk menghasilkan gas H_2 pada reaksi pertukaran air-gas dan reaksi uap-karbon. Gas H_2 memiliki nilai kalor lebih besar jika dibandingkan biomassa ataupun gas mudah terbakar lain yang dihasilkan kompor gasifikasi. Dengan demikian, semakin banyak jumlah gas H_2 yang dihasilkan maka akan semakin besar pula *fire power* kompor (Reed dan Larson, 1996). Pengaruh kadar air terhadap *fire power* kompor dapat dilihat pada Gambar 8.

Fire power terbesar dihasilkan dari kompor gasifikasi dengan bahan bakar berkadar air 7,26% yaitu mencapai 3,43 kWth. Sedangkan *fire power* terkecil dihasilkan pada penggunaan biomassa berkadar air 9,63% sebagai bahan bakar.

Gambar 8. Pengaruh kadar air biomassa terhadap fire power

Efisiensi termal

Efisiensi termal kompor gasifikasi menggambarkan seberapa besar energi biomassa yang dapat terkonversi oleh kompor menjadi energi termal dalam bentuk nyala api. Pada percobaan ini digunakan 2,5 L air sebagai media transfer panas. Efisiensi termal dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti dimensi kompor dan kadar air biomassa. Grafik pengaruh dimensi kompor dan kadar air biomassa terhadap efisiensi termal kompor gasifikasi dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Efisiensi termal tertinggi dihasilkan pada Kompor 2 yaitu mencapai 29,59%. Sedangkan efisiensi terendah dihasilkan dari Kompor 3 yang hanya mencapai 25,03%.

Pengaruh kadar air biomassa terhadap efisiensi termal tidak terlalu signifikan. Efisiensi termal tertinggi diperoleh dari kompor gasifikasi dengan kadar air 9,63% yaitu mencapai 30,44%. Sedangkan efisiensi terendah diperoleh dari pembakaran biomassa berkadar air 7,26% yang hanya mencapai 25,24%. Efisiensi termal yang rendah dihasilkan oleh proses gasifikasi yang kurang sempurna, sehingga untuk mendapatkan efisiensi tertinggi dibutuhkan kadar air yang tepat untuk reaksi-reaksi pada proses gasifikasi.

Gambar 9. Pengaruh dimensi kompor terhadap efisiensi termal.

Gambar 10. Pengaruh kadar air biomassa terhadap efisiensi termal

Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya

Tingkat perbandingan hasil penelitian evaluasi kinerja kompor gasifikasi ini dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh para peneliti lain dapat dilihat pada Tabel 2. Jika dibandingkan dengan penelitian lain, kinerja kompor gasifikasi pada penelitian ini tidak jauh berbeda dari kompor *forced draft* lain dan bahkan cenderung lebih baik. Nilai tersebut dilihat dari waktu *startup* dan *fire power* yang dihasilkan oleh kompor. Sedangkan jika dibandingkan penelitian kompor *natural draft* (Ariho dkk., 2011), kinerja kompor *forced draft* ini jauh lebih baik.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Penelitian Kompor Gasifikasi

No.	Parameter	Ariho dkk. 2011	Reed dkk. 2000	Mukunda dkk. 2010	Penelitian ini
1	Startup (menit)	1-23	1-5	2	1,5-4,5
2	Laju Konsumsi bahan bakar (gram/menit)	1-11	10	12	8-11,5
3	Efisiensi termal (%)	12-19	24-39	49-53	25-30
4	Fire power (kWth)	-	2,5	2-5	2,5-3,5

KESIMPULAN

Dimensi kompor sangat berpengaruh terhadap lama waktu operasi dan *fire power* yang dihasilkan. Waktu operasi terlama dengan *fire power* terbesar dihasilkan dari kompor 3 yang berdiameter 12 cm dan tinggi 20 cm. Sedangkan kadar air biomassa sangat berpengaruh terhadap waktu *startup* dan waktu operasi kompor.

Efisiensi termal tertinggi pada kompor *forced draft* mencapai 30,44% yang dihasilkan dari kompor 2 dengan bahan berkadar air 9,63%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasi kompor gasifikasi sangat berpengaruh terhadap kinerja kompor sehingga disain kondisi operasi kompor perlu disesuaikan dengan kebutuhan pengguna kompor gasifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan dana, melalui program Penelitian Laboratorium Universitas Riau Tahun 2012.

DAFTAR PUSTAKA

Ariho, D.; Tumutegyeize, P.; Bechtel, K., *Evaluation of energy efficiencies of commonly available biomass fuels in Uganda in a "Champion-2008" Top Lit Updraft gasifier stove*, 2011, <http://www.bioenergylist.org> (akses 7 April 2011).

Bailis, R.; Ogle, D.; MacCarty, N.; Smith, K. R.; Edwards, R., *The Water Boiling Test*, 2007, <http://ehs.sph.berkeley.edu> (akses 19 Januari 2011).

Belonio, A. T., *Rice Husk Gas Stove Handbook*, Appropriate Technology Center, Department of Agriculture Engineering and Environmental Management, Collage of Agriculture, Central Philippine University: Iloilo City, Philippines, 2005.

Dewi, R. G., *Indonesian Position on Bioenergy and Biorenewable*, The Global Sustainable Bioenergy (GSB) Convention for The Asia -

Oceania Region, Kuala Lumpur, 14-16 Juni 2010.

ESDM, *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*, 7th Eds., Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral: Jakarta, 2010; hlm. 17-33.

Higman, C.; van der Burgt, M., *Gasification*, 2nd Eds, Gulf Professional Publishing: Burlington, USA, 2011.

Mukunda, H. S., Dassapa, S.; Paul, P. J.; Rajan, N. K. S.; Yagnaraman, M.; Kumar, D. R.; Deogaonkar, M., Gasifier stove-science, technology and field outreach, *Current Science*, **2010**, 98(5), 627-638.

Panwar, N. L., Design and performance evaluation of energy efficient biomass gasifier based cookstove on multi fuels, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **2009**, 14(7), 627-633.

Rajvanshi, A. K., *Biomass Gasification*, dalam *Alternative Energy in Agriculture*, Vol. 2, CRC Press: Boca Raton Florida, 1986, hlm. 83-102.

Reed, T. B.; Anselmo, E.; Kircher, K., *Testing & Modeling the Wood-Gas Turbo Stove*, Progress in Thermochemical Biomass Conversion Conference, Tyrol, Austria, 17-22 September 2000.

Reed, T. B.; Larson, R., A wood-gas stove for developing countries, *Energy for Sustainable Development*, **1996**, 3(2), 34-37.

Umogbai, V. I.; Orkuma, J. G., Development and evaluation of a biomass stove, *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, **2011**, 2(3), 514-520.

Yuntenwi, E. A.; MacCarty, N.; Still, D.; Ertel, J., Laboratory study of the effects of moisture content on heat transfer and combustion efficiency of three biomass cook stoves, *Energy for Sustainable Development*, **2008**, 12(2), 66-77.