

PENGARUH UKURAN BAHAN BAKAR TONGKOL JAGUNG TERHADAP PERFORMA KOMPOR GASIFIKASI BIOMASSA TIPE FORCED DRAFT

Romi Djafar¹⁾, Yunita Djamalu²⁾, Siradjuddin Haluti³⁾, Sjahril Botutihe⁴⁾

¹⁾Mahasiswa Politeknik Gorontalo, Kampus Puncak Desa Panggulo Bone Bolango

²⁾Tim Pengajar pada Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian, Politeknik Gorontalo

ABSTRAK

Tingkat penggunaan biomassa di indonesia cukup tinggi yang digunakan pada sektor rumah tangga misalnya untuk keperluan memasak. Namun masyarakat umumnya menggunakan biomassa dengan cara dibakar secara langsung. Sehingga metode pembakaran yang dihasilkan kurang efisien dan tidak ramah lingkungan. Maka dari itu, sejak dahulu kompor gasifikasi biomassa telah dibuat dan tingkat pengembangannya sampai dengan sekarang ini. Berbagai desain dan model telah banyak dikembangkan untuk mengkonversi biomassa sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik. Namun rancangan kompor gasifikasi yang sudah ada tersebut masih memiliki berbagai kendala antara lain proses gasifikasi yang belum optimal dan kualitas pembakaran yang rendah. Sasaran penelitian ini adalah fabrikasi kompor *gasifikasi* biomassa tipe *forced draft* menggunakan *blower* sebagai udara primer untuk skala laboratorium. Gasifikasi biomassa menarik untuk dikembangkan mengingat propinsi Gorontalo telah menetapkan pertanian sebagai program unggulan yang berbasis jagung. Saat ini limbah hasil pertanian berupa tongkol jagung yang melimpah tersebut tidak dimanfaatkan dan hanya dibakar secara langsung oleh masyarakatnya. Terutama masyarakat yang tinggal dipemukiman pelosok desa bahkan daerah terisolir sehingga dipastikan bahwa jangkauan suplai energi listrik dari PLN tidak terdapat pada daerah tersebut. Oleh karena itu, Teknologi kompor gasifikasi yang dapat mengkonversi biomassa menjadi energi panas yang hemat energi dan ramah lingkungan sebagai solusi yang tepat untuk diperkenalkan kepada pemerintah daerah maupun komunitas masyarakat yang ada.

Tujuan Penelitian ini adalah rancang bangun dan fabrikasi kompor biomassa dengan bahan baku tongkol jagung. Hasil fabrikasi telah diuji kinerjanya dengan variasi ukuran bahan bakar yaitu 1; 2 dan 3 cm masing-masing dengan jumlah bahan bakar 2 kg. Metode yang digunakan adalah *water boiling test* (WBT) terhadap 3 liter air. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil berupa *start-up* tercepat terjadi pada menit ke 5 dan waktu terlama pada menit ke 7, komsumsi bahan bakar yang dihasilkan berturut-turut 0,75 kg/h; 1.7 kg/h dan 2.6 kg/h. *Power output* yang didapatkan adalah terendah sebesar 0.53 kWh dan tertinggi sebesar 1.89 kWh. Sedangkan efisiensi termal kompor gasifikasi dihasilkan sebesar 23.7%

Kata Kunci: Kompor, Biomassa, Hemat energi, Bahan Bakar

EFFECT CORNCOB SIZE ON PERFORMANCE BIOMASS GASIFICATION STOVE WITH FORCED DRAFT TYPE

ABSTRACT

Biomass utilization in household sector Indonesia is still high, energy from biomass is used for cooking purposes. The conversion energy from biomass generally by direct combustion way. The resulting of this method is less efficient and not environmentally friendly. Therefore, to raise efficiency, conversion method by gasification stove has been developed. Various designs and models have been widely developed to convert biomass as an alternative energy source to produce better performance. However, the existing gasification stove design still has various constraints such as gasification process that has not been optimal and low burning quality. The target of this research is fabricated prototype forced draft gasification stove using blower as primary air supply. Biomass gasification technology is interesting to developed in Gorontalo province considering agriculture become the main program specially in corn farming. Currently, agricultural waste form corn cobs are abundant and not utilized well and only burned directly by the community. People who live in remote areas and isolated areas can not reach by electricity supply from PLN (National Electricity Company). Therefore, gasification stove technology that can convert biomass into energy and ecofriendly can be solution to introduced to local governments and existing communities.

The objective of this research is to design and fabricated biomass stove by using corncob as fuel. Water boiling test (WBT) by 3 liters of water used to measure stove efficiency. Fuel size was variated from 1, 2 and 3 cm with 2 kg biomass. Based on the test results, fastest ignition occurs in the 5 minute and the longest is 7 minute, fuel consumption rate is 0.75 kg / h; 1.7 kg / h and 2.6 kg / h respectively. The lowest power output is 0.53 kWh and the highest is 1.89 kWh. Thermal efficiency of gasification stove was 23.7%

Keywords: Stove, Biomass, Energy Efficiency, Fuel

PENDAHULUAN

Saat ini tingkat ketergantungan terhadap energi fosil semakin tinggi untuk memenuhi berbagai sektor kegiatan berupa industri, perkantoran, rumah tangga tidak dapat dipungkiri sebagai kenyataan yang terjadi selama ini. Sehingga mengakibatkan cadangan minyak bumi yang ada semakin menipis. Oleh karena itu, mengatasi masalah harga minyak dan gas yang semakin mahal, serta cadangannya yang terbatas maka diperlukan usaha yang terprogram dan terarah untuk mencari energi alternatif.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah penggunaan kompor gasifikasi biomassa. Pembuatan kompor gasifikasi sebagai solusi yang tepat terutama membantu masyarakat dalam keperluan memasak.

Disamping ketersediaan bahan baku yang melimpah dan murah, kompor gasifikasi dapat memberikan solusi untuk mengurangi dampak polusi lingkungan akibat asap yang dilakukan sebagai dampak pembakaran langsung.

Berbagai penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan untuk mendesain dan evaluasi kinerja kompor gasifikasi biomassa yaitu mengatur parameter untuk mendapatkan performa kompor yang lebih baik. Pengaruh pemilihan parameter terhadap performa dan isi dari pembakaran biomassa pada kompor gasifikasi. (S.C. Bhattacharya dkk, 2002). Penelitian yang telah dilakukan dengan memilih berbagai parameter berupa kandungan *moisture*, ukuran bahan bakar, ruang pembakaran serta ukuran *blower* udara primer yang digunakan. Tujuan penelitian menentukan jenis kompor yang memiliki

efisiensi yang lebih tinggi berdasarkan jenis ukuran bahan bakar dan memiliki kadar emisi rendah yang dibandingkan dengan tungku tradisional. Pengujian penelitian menggunakan *water boiling method* (WBT). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dihasilkan performa kompor yang memiliki tingkat emisi yang rendah sesuai rekondasi PCIA.

Kompak gasifikasi H. S. Mukunda dkk, (2010). Pengembangan kompor dengan *blower* tunggal yang memiliki kadar emisi rendah, kemampuan stabil, yang dapat dikontrol menggunakan bahan bakar dalam bentuk pellet dengan basis suplai udara menggunakan kipas angin sebagai udara primer pembakaran beserta *secondary air* untuk pembakaran stoikimetri. Metode pengembangan eksperimen dilakukan menggunakan berbagai tipe bahan bakar, ukuran ruang bakar dan desain ruang suplai udara pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain yang memiliki efisiensi tinggi serta kadar emisi rendah sangat dipengaruhi oleh perbandingan udara dan bahan bakar yang benar.

Kinerja kompor gas biomass dengan bahan bakar pelet kayu karet, Dijan Supramono dan Farah Inayati (2013). Penelitian eksperimen yaitu merancang kompor biomass menggunakan metode *top-lit updraft gasification* yang pembakarannya mengembangkan konsep gas *pyrolysis* yang menggunakan bahan baku pelet kayu karet dengan penambahan udara *secondary* terdapat pada permukaan kompor. Tujuan penelitian yaitu mendapatkan laju aliran udara yang optimum antara udara primer dan udara sekunder sehingga diperoleh desain kompor dengan tingkat kadar emisi yang rendah serta memiliki efisiensi termal yang maksimum. Hasil penelitian sebagai kesimpulan bahwa kompor biomass beroperasi pada rasio udara 6.29 menghasilkan kadar emisi terendah mencapai 14 ppm, temperatur tertinggi sebesar 713°C dan rasio udara 2.44 menghasilkan efisiensi termal tertinggi sebesar 58,05%.

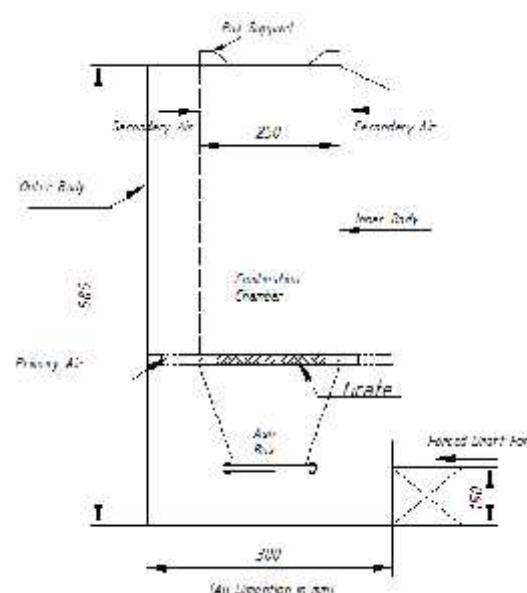
Fabrikasi dan evaluasi performa pengembangan kompor biomass, (Amiebenomo, S.O dkk, 2013). Berdasarkan kajian yang dilakukan yaitu pengembangan kompor biomass yang sesuai dengan mengatur bagian ruang bakar berupa isolasi ruangan pembakaran untuk mengurangi kerugian panas yang terjadi pada dinding ruang bakar. Metode dilakukan

pada kompor biomassa berpenampang silinder terdiri dari ruang bakar, bidang atas dan bidang landasan. Hasil penelitian sebagai kesimpulan bahwa kompor biomassa yang dikembangkan lebih efisien dan rendah terhadap polusi udara.

Beranjak dari beberapa referensi sebelumnya maka penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun kompor biomassa tipe *forced draft* dengan udara primer berasal dari kipas angin dan udara *secondary* sebagai udara pembakaran menggunakan bahan baku tongkol jagung. Pemilihan *forced draft* karena lebih unggul dibanding *natural draft* untuk ukuran kompor skala kecil sekaligus memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik. Evaluasi performa kompor gasifikasi dilakukan dengan mengukur berbagai parameter berupa waktu startup, waktu nyala efektif dihasilkan efisiensi termal dan *power output* yang dihasilkan.

METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental pada laboratorium mesin dan peralatan pertanian Politeknik Gorontalo. Skema kompor yang ditunjukkan pada Gambar 1 terdiri dari geometri utama berupa, bidang luar berdiameter 30 cm, ruang bakar memiliki Ø 25 cm, tinggi total 58 cm, ukuran box udara primer 20 x 20 cm, kotak 15x15 cm dan Gap antara dinding luar dan ruang bakar sebesar 2.5cm. Skema kompor gasifikasi ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut. :



Gambar 1. Skema Kompor Gasifikasi pada Penelitian

Rancangan Gambar 1. menunjukkan beberapa bagian-bagian utama kompor gasifikasi yaitu, support terdapat pada bagian atas kompor, *Inner body, outer, box ash, adaptor* dan *fan* tipe rotari.

Langkah-langkah Pengujian

1. Siapkan kompor biomassa, alat ukur temperatur, alat ukur kelembaban dan tiga jenis ukuran tongkol jagung yang berbeda masing-masing panjang 1; 2; dan 3 cm.
2. Atur *fan* yang digunakan pada kecepatan maksimal yaitu 12 volt dengan mengatur *adaptor* yang terhubung sumber listrik sebagai suplay udara primer untuk membantu proses pembakaran. Putaran *fan* dijaga kondisi konstan sampai akhir pengujian.
3. Pengujian pertama tuangkan bahan bakar tongkol jagung yang sudah dicacah dengan ukuran panjang sebesar 1cm dengan berat 2 kg.
4. Siapkan panci yang sudah diisi air sebanyak 3 liter.
5. Ambil 1 lembar kertas dan celupkan ke solar sedikit sebagai pemicu pembakaran awal. Hal ini dilakukan untuk mempermudah startup karena bahan bakar yang digunakan masih memiliki kadar air yang besar dengan tingkat kelembaban sekitar 19 %.
6. Masukkan kertas tersebut kedalam kompor dan dinyalakan bersamaan gunakan alat pengukur waktu.

Prinsip Kompor Gasifikasi

Gasifikasi biomassa merupakan suatu proses dekomposisi termal dari bahan-bahan organik melalui pemberian sejumlah panas dengan suplai oksigen terbatas untuk menghasilkan synthesis gases yang terdiri dari CO, H₂, CH₄ (selanjutnya disebut dengan syn-gas) sebagai produk utama dan sejumlah kecil arang karbon dan abu sebagai produk ikutan. Gasifikasi pada dasarnya adalah alat yang memungkinkan mengubah bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas oleh proses termokimia akibat oksidasi cepat. Proses ini melibatkan oksidasi *partial* dan temperatur tinggi ,reaksi oksidasi dan reduksi diantara bahan bakar padat-udara.

Gambar 2 meununjukkan contoh kompor gasifikasi sebagai berikut.



Gambar 2. The Pellet Gasifier Stove
(Alexis T. Belonio, 2005)

Desain kompor gasifikasi biomassa erat kaitannya dengan aplikasi perpindahan kalor, pembakaran dan prinsip aliran fluida untuk mendapatkan pembakaran yang stoikiometri dengan kebutuhan *excess air* yang minimal.. Perpindahan kalor yang maksimal dari api ke tungku masak dan kalor yang hilang minimum. Kriteria ini dapat tercapai dengan menambahkan beberapa parameter beserta subsistem yang dimiliki sebuah kompor.

Analisis Uji Performa Kompor Biomassa

Beberapa parameter penting yang dipertimbangkan dalam menentukan ukuran bahan bakar sesuai dengan kompor dengan memperkirakan *output* daya yang diharapkan. Dengan demikian ukuran sebuah kompor dapat diperkirakan dengan menggunakan beberapa parameter sebagai berikut.

- a. Energi yang butuhkan yaitu mengacu pada jumlah panas yang dipasok oleh kompor. Hal ini dapat ditentukan dengan mengetahui jumlah makanan atau air yang direbus dengan persamaan:

$$Q_n = \frac{M_f \times E_s}{T}$$

Keterangan :

- | | |
|----------------|------------------------------------|
| Q _n | = Energi yang dibutuhkan (kCal/hr) |
| M _f | = Massa makanan (kg) |
| E _s | = Energi spesifik , kCal/kg |
| T | = Cooking time (hr) |

- b. Energi *Input* yaitu jumlah energi yang diperlukan dalam hal ini jumlah bahan bakar yang diumpulkan kedalam kompor

dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$FCR = \frac{Q_n}{HVf.yg}$$

Keterangan:

- FCR = Fuel consumption rate (kg/hr)
 Q_n = Heat energy needed Kcal/hr
 HVf = Heatin value of fuel (Kcal/kg)
 g = Efisiensi kompor (%)

c. Perhitungan efisiensi termal

Pengukuran efisiensi termal dilakukan dengan menggunakan persamaan umum yang biasa digunakan metode *water boiling test* (WBT) sebagai berikut.

$$y = \frac{SH + LH}{HF \times WF} \times 100$$

Keterangan:

- y = Efficiencies thermal (%)
 Sh = Sensible heat (Kcal)
 LH = Latent Heat (Kcal)
 HF = Heating value of fuel (Kcal/kg)
 WF = Weigh of fuel used (kg)

Hasil Dan Pembahasan

Pengujian performa kompor gasifikasi biomassa menggunakan bahan bakar tongkol jagung tipe *forced draft* dengan sumber udara pembakaran menggunakan *fan* model rotari yang memiliki arus 0.12 A dan tegangan 12 volt yang di atur posisi konstan. Proses pengujian yang dilakukan untuk menganalisis beberapa parameter yaitu waktu *startup*, laju kompususi bahan bakar, total waktu operasi menggunakan *water boiling test* (WBT), efisiensi termal dan *power output* yang dihasilkan. Tabel 1 menunjukkan variasi ukuran bahan bakar terhadap eksperimen yang dilakukan dalam penelitian sebagai berikut.

Tabel. 1 Parameter *input* pada pengujian

Jumlah bahan bakar (Kg)	Ukuran bahan bakar (cm)	Kadar air (%)
2	1	19
2	2	19
2	3	19

Data yang ditunjukkan pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa jumlah bakan bakar untuk setiap percobaan masing-masing sebesar

2 Kg. Sedangkan ukuran panjang bahan bakar setiap pengujian adalah 1; 2 dan 3 cm dengan pengukuran kadar menggunakan alat *moisture meter* didapat angka kelembaban sebesar 19%.

Pengambilan data pengujian dengan mengamati dan pengukuran beberapa parameter sehingga didapat data yang ditunjukkan pada Tabel. 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Data Pengujian

No Of Experiment	Weigh (Kg)	Fuel size (cm)	Fuel start up (Menit)	Total operating time (Menit)	Volume Of water (Liter)	Initial Temp. (°)	Boiling Time (Menit)	FinalTemp.(°)	Boiling Time (Menit)
1	2	1	5	77	3	29	18	100	13
2	2	2	5	78	3	29	16	100	11
3	2	3	7	79	3	29	18	100	11
Rata-Rata			5.5	78	3	29	17.3	100	

Hasil pengukuran temperatur menggunakan metode *water boiling test* (WBT) terhadap 3 liter air yang ditunjukkan pada Tabel 2 yaitu percobaan pertama dibutuhkan waktu untuk menyalaikan kompor gasifikasi (*start-up*) rata-rata sebesar 5.5 menit. Sedangkan durasi waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air sebanyak 3 liter dimulai sudah terjadinya proses *pyrolysis* sampai air akan mendidih secara sempurna, rata-rata pada menit 17 dari tiga kali percobaan. Dengan demikian, dibutuhkan waktu sebesar 12 menit untuk pendidihan air sebanyak 3 liter. Proses pengujian kompor gasifikasi ditunjukkan pada Gambar 3. sebagai berikut.



Gambar 3. Proses Pengujian Kompor Gasifikasi

Ket:

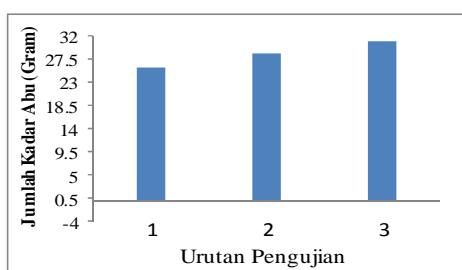
- Startup
- Pembakaran awal telah sempurna
- Pengujian Air
- Nyala Api Berkurang
- Lidah Api Mulai Padam
- Bahan Bakar Menjadi Abu

Gambar 3. menunjukkan rangkaian pengujian kinerja kompor gasifikasi mulai dari *start-up*, pengujian air sampai mendidih hingga bahan bakar menjadi abu.

Hasil Analisis Performa Kompor Gasifikasi

Pengujian Performa kompor Gasifikasi pada penelitian ini menggunakan metode *Water Boiling Test (WBT)*. Beberapa variable indikator yang akan diamati berupa waktu *start-Up*, total waktu operasi, laju komsumsi bahan bakar, *power output* dan efisiensi termal. Untuk mengamati kinerja kompor dilakukan variasi jumlah bahan bakar yaitu 1, 2 dan 3 cm tongkol jagung yang telah dicacah sebesar 1 cm dengan *moisture contain* 19%.

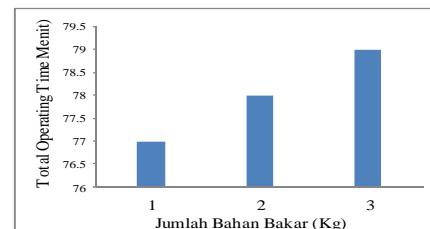
Proses pembakaran dapat terjadi secara baik maka udara pembakaran primer disuplai oleh kipas angin dengan daya 12 Volt dan arus 0.12 A yang dihubungkan sumber arus listrik. Putaran *fan* dijaga konstan dengan kecepatan udara ± 5 m/s. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk pendidihan air masing-masing 3 liter. Hasil analisis ditunjukkan Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 4. Hubungan Urutan Pengujian Terhadap Jumlah Kadar Abu Pembakaran

Tren diagram batang pada Gambar 4. menunjukkan hubungan urutan pengujian dengan jumlah kadar abu yang dihasilkan. Hasil percobaan yang dilakukan terhadap 2 kg bahan bakar untuk setiap pengujian maka

kadar abu yang dihasilkan adalah 25,8; 28,6 dan 31,08 gram. Sehingga pada penelitian ini dapat dikatakan bahwa ukuran bahan bakar akan mempengaruhi jumlah kadar abu yang dihasilkan. Dengan demikian, sebagai kesimpulan didapatkan peningkatan kadar abu sebesar 10% dari setiap pengujian. Parameter hasil pengujian yang lain terdapat pada Gambar 5. sebagai berikut.

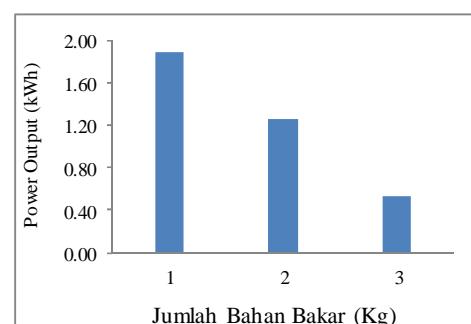


Gambar 5. Hubungan Jumlah Bahan Bakar Terhadap Total *Operating Time*

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5. merupakan hubungan jumlah bahan bakar dengan total operasi yang dihasilkan. Dari tiga kali percobaan yang dilakukan yaitu mulai *start-up* sampai dengan bahan bakar menjadi abu didapatkan lama waktu terendah sebesar 77 menit untuk 1 cm bahan bakar. Sedangkan waktu tertinggi sebesar 79 menit untuk 3 cm bahan bakar. Berdasarkan analisis bahwa ukuran bahan bakar tidak terlalu signifikan pengaruhnya terhadap total *operating time*. Hal ini diketahui dari analisis bahwa setiap perubahan 1 cm bahan bakar selisih waktu yang didapatkan sebesar 1.2%.

Power Output Kompor Gasifikasi

Jumlah energi yang dipasok oleh kompor untuk memasak merupakan *power output* yang dihasilkan. Gambar 6. menunjukkan *power output* yang dihasilkan dari penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 6. Hubungan Jumlah Bahan Bakar Dan *Power Output* Yang Dihasilkan

Berdasarkan hasil analisis hubungan jumlah bahan bakar dan *power output* yang dihasilkan dimana kondisi jumlah bahan bakar *full load* pada ruang pembakaran dihasilkan *output* minimum sebesar 0.53 kWh dengan 3 kg bahan bakar. Sedangkan *power output* maksimum yang dihasilkan sebesar 1.89 kWh untuk bahan bakar 1 kg. Dengan demikian *power output* memiliki nilai yang berbanding terbalik dengan jumlah bahan bakar. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh laju komsumsi bahan bakar yang berbeda. Yaitu jumlah bahan bakar sedikit menghasilkan *Fuel consumption rate* (FCR) menjadi lebih besar dikarenakan suplai udara *primer* pada kondisi yang konstan.

Effesiensi Termal Kompor Gasifikasi

Efesiensi termal merupakan perbandingan kalor yang terpakai (panas latent dan panas sensibel) terhadap kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar. Efesiensi termal dari kompor gasifikasi menggambarkan seberapa besar energi biomassa yang dapat terkonversi oleh kompor menjadi energi termal dalam bentuk nyala api. Tabel 3. Merupakan hasil analisis dari efesiensi termal kompor gasifikasi sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Analisis Efesiensi Termal

Sensible heat (Kcal)	Latent heat (Kcal)	Heating value of fuel (kJ/Kg)	Size of fuel used (cm)	Eff. Thermal (%)
142	1080	2582.3	3	23.7
142	1080	2582.3	2	23.7
142	1080	2582.3	1	23.7

Hasil analisis yang terdapat pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa ukuran bahan bakar tidak memiliki pengaruh terhadap efesiensi termal kompor. Hal ini diketahui dari tiga kali pengujian dengan ukuran bahan bakar yang berbeda menggunakan jumlah 2 kg bahan bakar untuk setiap kali percobaan menghasilkan nilai efesiensi yang sama. Dari hasil analisis didapatkan nilai efesiensi dari kompor gasifikasi adalah sebesar 23.7%.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis data pengujian kompor gasifikasi dengan 3 variasi ukuran bahan bakar ,dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi kompor biomassa berdiameter luar 30 cm, ruang bakar memiliki Ø 25 cm, tinggi total 58 cm serta *Gap* antara dinding luar dan ruang bakar sebesar 2.5 cm memiliki kapasitas bahan bakar sebanyak 3 kg tongkol jagung.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa ukuran bahan bakar hanya dapat berpengaruh saat *start-up* yaitu tercepat pada menit ke empat dan terlama menit ke tujuh.
3. Komsumsi bahan bakar berturut-turut didapat sebesar 0,75 kg/h; 1.7 kg/h dan 2.6 kg/h
4. Berdasarkan hasil analisis didapatkan *power output* terendah sebesar 0.53 kWh dan tertinggi sebesar 1.89 kWh.
5. Hasil Perhitungan didapatkan efesiensi termal kompor gasifikasi sebesar 23.7%
- .

Daftar Pustaka

- Alexis T. Belonio and anderson rice husk gas stove handbook, (2005) Department of Agricultural Engineering and Environmental ManagementCollege of Agriculture Central Philippine University.
- S.C. Bhattacharya *, D.O. Albina, Aung Myint Khaing (2002). Effects of selected parameters on performance and emission of biomass- red cook stoves gas quality. Biomass and Bioenergy 23- 387- 395.Elsevier: Thailand.
- James J. Jetter and Peter Kariher, (2008) Solid-fuel household cook stoves: Characterization of performance and emissions. Biomass and Bioenergy 33- 294-305.Elsevier:USA
- H. S. Mukunda*, S. Dasappa, P. J. Paul, N. K. S. Rajan, Mahesh Yagnaraman, D. Ravi Kumar and, (2010). Gasifier stoves – science, technology and field outreach. General artickel. India
- Supramono dan Farah Inayati (2013). Performance of a Biomass-Gas Stove using Fuel of Rubber Wood Pellets.Proceeding of the 13 th

international konfrence on QIR:
yogyakarta indonesia.
Amiebenomo, S.O1;Igbesi F.C2 and
Omorodion I.I Fabrication And
Performance Evaluation Of An Improved
Biomass Cook Stove, International
Journal of Engineering Research &
Technology (IJERT) 2278-0181: Nigeria

Bambang Purwantana, Sunarto Ciptohadijoyo,
Hasan Al-Banna, Yogi Rachmat, (2011).
Kajian dimensi tenggorokan ruang
reduksi gasifier tipe downdraft untuk
gasifikasi limbah tongkol jagung.