

## LIMBAH SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN BAKAR RUMAHAN RAMAH LINGKUNGAN

Rusdaniyar<sup>1</sup>, Rusadi<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak<sup>1,2</sup>  
ruzdani@yahoo.com<sup>1</sup>, rus4di@gmail.com<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*Rice husk biomass is abundant in Indonesia, it is becoming one of the sources of energy, especially for the cook in the household. This research aims to obtain rice husk stove models. Modifications done at the top of the combustion chamber as the fuel supply is called the hopper.*

*The method used is conducting experiments stove to boil water (Water Boiling Test). Using water as much as 1.5 liters and a mass of 1.0 kg of rice husk.*

*The variable in this research is the air speed is 2 m/s, 2.5 m/s, 3 m/s, 3.5 m/s, and then do a variation of the addition of rice husk is 200 gr, 250 gr, 300 gr, 350 gr.*

*The parameters analyzed were 1) effect of air velocity variations on fuel consumption, 2) the effect of variations in adding fuel to the operating time, 3) effect of adding fuel to the efficiency.*

*The results of research showed that the effect of air velocity variation increase the rate of fuel consumption from 0.66 kg/hour to 1.22 kg/hour. The effect adding of rice husk fuel burner increase operating time from 17% to 35%. The Best efficiency rice husk stove is 20.07% obtained air velocity 3.0 m/s and adding 350 grams of rice husk fuel.*

**Keywords:** rice husk, air speed, efficiency,

### ABSTRAK

Sekam padi merupakan biomassa yang berlimpah di Indonesia, hal ini menjadilah satu sumber energi khususnya untuk memasak pada rumah tangga.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model kompor sekam padi. Modifikasi dilakukan di bagian atas ruang bakar sebagai tempat suplai bahan bakar yang dinamakan *hopper*.

Metode yang digunakan adalah melakukan eksperimen kompor untuk mendidihkan air (*Water Boiling Test*). Air yang digunakan sebanyak 1,5 liter dan massa sekam padi 1,0 kg. Variabel dalam penelitian ini adalah kecepatan udara yaitu 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s, 3,5 m/s, kemudian melakukan variasi penambahan sekam padi adalah 200 gr, 250 gr, 300 gr dan 350 gr. Parameter yang dianalisa adalah 1) pengaruh variasi kecepatan udara terhadap konsumsi bahan bakar, 2) pengaruh variasi penambahan bahan bakar terhadap waktu operasional, 3) pengaruh penambahan bahan bakar terhadap efisiensi.

Hasil penelitian menunjukkan variasi kecepatan udara meningkatkan laju konsumsi bahan bakar dari 0,66 kg/jam hingga 1,22 kg/jam. Penambahan bahan bakar sekam padi meningkatkan waktu operasional kompor 17% hingga 35%. Efisiensi terbaik kompor sekam padi adalah 20,07% diperoleh pada kecepatan udara 3,0 m/s dan penambahan bahan bakar 350 gr.

**Kata kunci:** sekam padi, kecepatan udara, efisiensi,

## PENDAHULUAN

Dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap energi, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan ada sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak, salah satunya adalah biomassa.

Sekam padi merupakan biomassa yang berlimpah di Indonesia, hal ini menjadi salah satu sumber energi khususnya untuk memasak pada rumah tangga. Potensi yang ada berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi secara nasional tahun 2014 diperkirakan mencapai 68,96 juta ton gabah kering giling. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari data bobot awal gabah. Sehingga pada produksi padi tahun 2014 dapat dihasilkan sekam sebesar 17,24 juta ton setara dengan potensi energi dari sekam padi yaitu 51.720 juta kcal.

Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh desain model kompor sekam dengan efisiensi optimal. Pada saat ini kompor sekam padi yang telah dikembangkan masih terdapat beberapa permasalahan, yaitu efisiensi yang relatif rendah, biomassa yang digunakan relatif sedikit, pengisian biomassa dilakukan saat proses operasi kompor berhenti serta harga kompor yang relatif mahal. Hal ini menjadi inspirasi untuk melakukan penelitian dalam meningkatkan efisiensi kompor dan melakukan kajian penambahan bahan baku saat kompor beroperasi.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap penanganan limbah sekam padi, sebagai salah satu alternatif bagi masyarakat dalam mendapatkan energi rumah tangga untuk memasak serta membantu pemerintah dalam kemandirian energi dengan mengembangkan sumber energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimental dengan uji coba pemakaian kompor untuk mendidihkan air (*Water Boiling Test*). Volume air yang digunakan adalah 1,5 liter dan massa sekam padi 1,0 kg.

Desain model kompor penelitian mengacu pada desain yang digunakan penelitian Belonio (2005), yaitu jenis *Updraft gasifier*. Dimana biomassa diumpkandari atas dan udara diumpkandari bawah dengan proses pengapian awal dilakukan pada bagian atas lapisan. Modifikasi dilakukan dengan menambah *hopper* pada bagian atas ruang bakar sebagai tempat suplai penambahan sekam padi saat kompor beroperasi. Kompor memiliki dimensi keseluruhan tinggi 1,3 m, panjang 0,5 m dan lebar 0,35 m. Rancangan kompor bertumpu pada rancangan ruang bakar dengan kapasitas ruang bakar 1,0 kg. Perhitungan dimensi ruang bakar dilakukan berdasar parameter sebagai berikut :

- a. Tinggi ruang bakar, merupakan jarak antara bagian atas dengan bagian bawah ruang bakardihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Belonio, 2005).

$$H = \frac{SGR \times t}{\rho_m}$$

Dimana :

H = Tinggi ruang bakar (m)

SGR = Laju gasifikasi spesifik dari sekam padi, 110 – 210 (kg/m<sup>2</sup>.jam)

t = Waktu konsumsi bahan bakar (jam)

$\rho_{rh}$  = Massa jenis sekam padi (kg/m<sup>3</sup>), 100 – 125 (kg/m<sup>3</sup>)

- b. Diameter ruang bakar, dihitung dari jumlah konsumsi bahan bakar per satuan waktu (*FCR*) dibagi dengan laju gasifikasi spesifik (*SGR*) dari biomassa (Belonio, 2005).

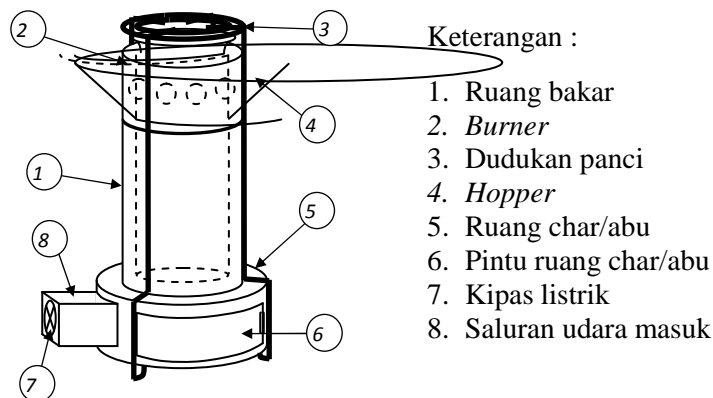
$$D = \left( \frac{1,27 \times FCR}{SGR} \right)^{0,5}$$

Dimana :

D = Diameter ruang bakar (m)

FCR = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

Pada gambar 1, memperlihatkan rancangan model kompor sekampadi yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 1. Kompor sekampadi.

Variabel bebas dalam penelitian ini, adalah variasi kecepatan udara yaitu 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s dan 3,5 m/s serta variasi penambahan bahan bakar sebesar 20%, 25%, 30% dan 35%. Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi titik pusat penelitian adalah waktu pembakaran bahan bakar, laju konsumsi bahan bakar, laju pembakaran, daya output serta efisiensi. Parameter penelitian yang akan dianalisa adalah pengaruh variasi kecepatan udara terhadap konsumsi bahan bakar, pengaruh variasi penambahan bahan bakar terhadap waktu pembakaran dan pengaruh penambahan bahan bakar terhadap efisiensi kompor.

Efisiensi menunjukkan persentase panas yang berguna pada kompor. Adapun nilai efisiensi dapat dihitung dengan persamaan (Belonio, 2005) berikut :

$$\left( \frac{[m]_{wi} [C]_{pw} (T_e - T_i) + [m]_{we} H}{[m]_{wf} [H]_{f}} \right) \times 100\%$$

Dimana :

$m_{wi}$  = Massa awal air dalam panci (kg)

$C_{pw}$  = Panas spesifik air adalah 4,186 (kJ/kg.K)

$m_{we}$  = Massa air yang diuapkan (kg)

$m_f$  = Massa bahan bakar yang terbakar (kg)

$T_e$  = Temperatur air mendidih ( $^{\circ}$ C)

$T_i$  = Temperatur awal air di panci ( $^{\circ}$ C)

$H_l$  = Panas latent penguapan pada  $100^{\circ}$ C dan  $10^5$ Pa (kJ/kg) = 2257 (kJ/kg)

$H_f$  = Nilai kalori bahan bakar (kJ/kg)

Adapun prosedur tahapan pengujian yang dilakukan adalah :

- Timbang bahan bakar sekampadiberat 1,0 kg.
- Timbang panci dalam keadaan kosong serta panci diisi air sebanyak 1,5 liter bersama tutupnya, dicatat beratnya.
- Catat temperatur awal air dan temperatur awal ruang uji.
- Masukkan bahan bakar ke dalam ruang bakar kemudian nyalakan. Bila nyala api sudah merata maka letakkan burner dan dudukan panci, kemudian letakkan panci yang berisi air diatas kompor.
- Secara bersamaan hidupkan fan, atur kecepatan udara melalui dimmer yang telah distel serta jalankan waktu operasi menggunakan stopwatch.
- Catat temperatur air, diukur periodik tiap 2 menit sampai bahan bakar habis tidak menghasilkan *syngas*.
- Setelah bahan bakar tidak menghasilkan *syngas*, matikan fan kemudian timbang massa air serta massa char/abu yang dihasilkan.

Data yang dihimpun saat pengujian meliputi pengukuran temperatur ruang, temperatur awal dan akhir air, massa awal bahan bakar, waktu start dan waktu akhir pengujian, massa uap yang dihasilkan, waktu saat air mendidih  $100^{\circ}$ C dan berat char/abu pembakaran. Proses pengambilan data dilakukan dua tahap, yaitu tahap pertama melakukan pengujian kinerja kompor dengan variasi kecepatan udara pada 2 m/s, 2,5 m/s, 3,0 m/s dan 3,5 m/s untuk mendapatkan nilai efisiensi yang terbaik. Selanjutnya pada tahap kedua merupakan pengujian kinerja kompor dengan variasi penambahan bahan bakar sebesar 200 gr, 250 gr, 300 gr dan 350 gr yang diperlakukan terhadap kompor yang punya efisiensi terbaik hasil pengujian pertama. Setiap data pengujian dilakukan pengulangan lima kali.

Parameter lain yang didapat dan dihitung dalam pengujian ini adalah sebagai berikut (Belonio, 2005) :

- Laju konsumsi bahan bakar ( $FCR$ ) adalah banyak bahan bakar yang digunakan per waktu operasi :

$$FCR = \frac{\text{Massa Bahan Bakar yang Digunakan (kg)}}{\text{Waktu Operasi (jam)}}$$

- Laju proses Gasifikasi ( $SGR$ ) adalah jumlah bahan bakar yang digunakan per satuan waktu per satuan luas ruang bakar.

$$SGR = \frac{\text{Massa Bahan Bakar yang Digunakan (kg)}}{\text{Luas Ruang Bakar (m}^2\text{) x Waktu Operasi (jam)}}$$

3. Laju Pembakaran (CZR) merupakan waktu yang diperlukan untuk zona pembakaran bergerak ke turun dalam ruang bakar.

$$CZR = \frac{\text{Panjang Ruang Bakar (m)}}{\text{Waktu Operasi (jam)}}$$

4. Panas Sensibel (SH) adalah jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur air.

$$SH = m_{wi} \times C_{pw} \times (T_e - T_i)$$

5. Panas Laten (LH) merupakan jumlah energi panas yang digunakan untuk menguapkan air.

$$LH = m_{wa} \times H_l$$

6. Input energi panas ( $Q_f$ ) adalah jumlah energi panas yang tersedia dalam bahan bakar.

$$Q_f = m_f \times HHV$$

7. Daya masukan ( $P_i$ ) merupakan jumlah energi yang dipasok ke kompor berdasarkan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi.

$$P_i = 0,0012 \times FCR \times HHV(kW)$$

8. Daya keluaran ( $P_o$ ) merupakan jumlah energi yang dikeluarkan oleh kompor.

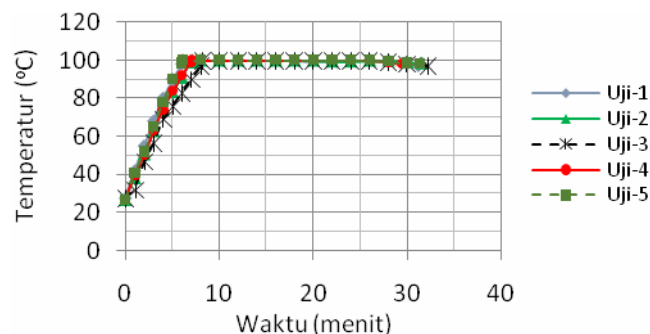
$$P_o = \frac{P_i \times \epsilon}{100} (kW)$$

9. Persentase char (%) merupakan perbandingan jumlah char yang dihasilkan dengan jumlah bahan bakar yang digunakan.

$$\%Char = \frac{\text{Massa Char (kg)}}{\text{Massa bahan bakar (kg)}} \times 100 \%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 2. menyajikan hubungan profil temperatur air yang dididihkan dengan waktu pendidihan pada kecepatan udara 3,0 m/s.



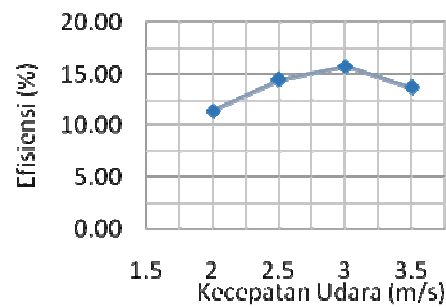
Gambar 2. Grafik profil temperatur air pada kecepatan udara 3,0 m/s.

Terlihat air mendidih 100°C dibawah 10 menit dan stabil hingga waktu 27 menit dan setelah itu terjadi penurunan hingga akhir pembakaran. Air mendidih 100°C terjadi antara waktu 5,16 – 8,82 menit dengan waktu operasi kompor 17,73 – 45,75 menit. Pada akhir pembakaran, temperatur air mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena jumlah oksigen yang dipasok tetap sementara massa bahan bakar yang terkonversi berkurang sehingga jumlah karbon yang teroksidasi juga semakin sedikit. Pada tabel 1, memperlihatkan hasil perhitungan rerata kinerja kompor.

Tabel 1. Hasil perhitungan rerata kinerja kompor.

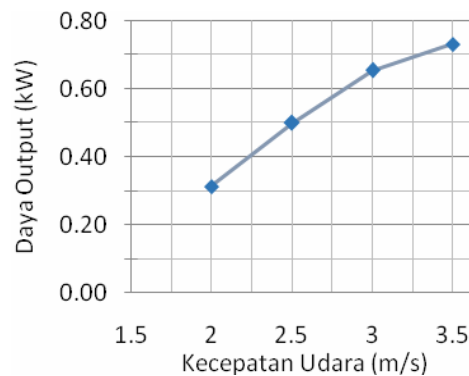
<b><u>Keterangan</u></b>	<b><u>Kompor Sekam Padi</u></b>			
	<b><u>Kecepatan (m/s)</u></b>			
	<b><u>2,0</u></b>	<b><u>2,5</u></b>	<b><u>3,0</u></b>	<b><u>3,5</u></b>
<u>Waktu start up (menit)</u>	<u>2,06</u>	<u>2,07</u>	<u>1,27</u>	<u>1,08</u>
<u>Waktu operasi (menit)</u>	<u>45,75</u>	<u>36,17</u>	<u>30,13</u>	<u>23,48</u>
<u>Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)</u>	<u>0,66</u>	<u>0,83</u>	<u>1,00</u>	<u>1,28</u>
<u>Laju proses gasifikasi (kg/m<sup>2</sup>.jam)</u>	<u>39,75</u>	<u>50,32</u>	<u>60,40</u>	<u>77,51</u>
<u>Laju pembakaran (m/jam)</u>	<u>0,39</u>	<u>0,50</u>	<u>0,60</u>	<u>0,77</u>
<u>Waktu didih air (menit)</u>	<u>8,55</u>	<u>7,44</u>	<u>6,98</u>	<u>6,98</u>
<u>Kalor sensibel (kCal)</u>	<u>107,16</u>	<u>107,60</u>	<u>107,02</u>	<u>106,58</u>
<u>Kalor laten (kCal)</u>	<u>91,26</u>	<u>143,10</u>	<u>166,32</u>	<u>131,76</u>
<u>Input energi panas (kCal)</u>	<u>1737,8</u>	<u>1737,8</u>	<u>1737,8</u>	<u>1737,8</u>
<u>Efisiensi (%)</u>	<u>11,42</u>	<u>14,43</u>	<u>15,73</u>	<u>13,71</u>
<u>Daya masukan (kW)</u>	<u>2,74</u>	<u>3,46</u>	<u>4,16</u>	<u>5,33</u>
<u>Daya keluaran (kW)</u>	<u>0,31</u>	<u>0,50</u>	<u>0,65</u>	<u>0,73</u>
<u>Produksi char/abu (%)</u>	<u>21,20</u>	<u>21,60</u>	<u>21,40</u>	<u>22,60</u>

Pada gambar 3, menyajikan grafik hubungan efisiensi dari kompor dengan kecepatan udara. Dari grafik memperlihatkan bahwa kenaikan kecepatan udara menyebabkan terjadinya kenaikan efisiensi kompor. Efisiensi tertinggi kompor dicapai pada kecepatan udara 3,0 m/s yaitu 15,73%.



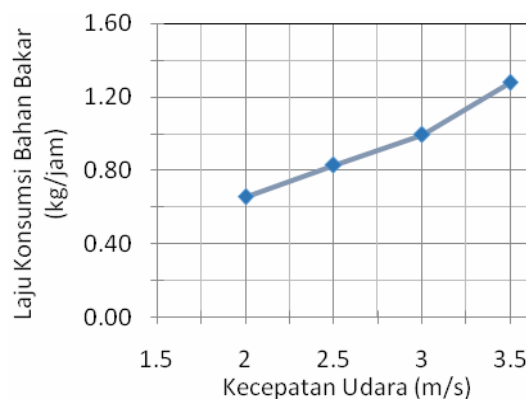
Gambar 3. Grafik efisiensi kompor dengan variasi kecepatan udara.

Pada gambar 4, menyajikan grafik hubungan daya output kompor dengan variasi kecepatan udara. Pada grafik tersebut memperlihatkan bahwa kenaikan kecepatan udara menyebabkan terjadinya kenaikan daya output kompor. Daya output tertinggi dicapai pada kecepatan udara 3,5 m/s adalah 0,73 kW.



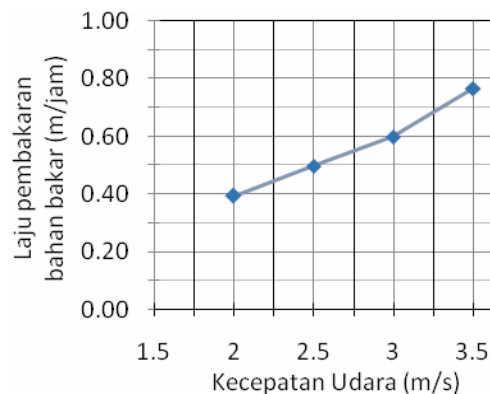
Gambar 4. Grafik daya output kompor dengan variasi kecepatan udara.

Pada gambar 5, menyajikan grafik laju konsumsi bahan bakar dengan kecepatan udara. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa kenaikan kecepatan aliran udara menyebabkan terjadinya kenaikan laju konsumsi bahan bakar, tertinggi adalah 1,28 kg/jam dan terendah adalah 0,66 kg/jam.



Gambar 5. Grafik laju konsumsi bahan bakar dengan variasi kecepatan udara.

Pada gambar 6, menyajikan grafik hubungan laju pembakaran bahan bakar dengan kecepatan udara. Dari grafik, memperlihatkan bahwa kenaikan kecepatan udara menyebabkan terjadinya kenaikan laju pembakaran bahan bakar dimana nilai tertinggi 0,77 m/jam dan terendah 0,39 m/jam.



Gambar 6. Grafik laju pembakaran bahan bakar dengan variasi kecepatan udara.

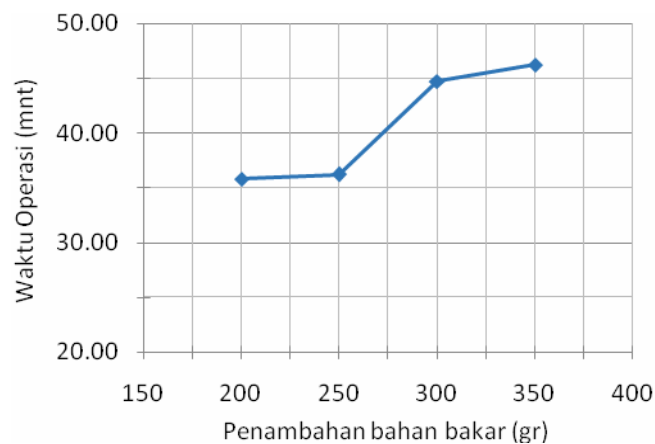
Terjadinya proses pembakaran sempurna diperlukan sejumlah udara yang cukup untuk mengoksidasi unsur-unsur pembentuk biomassa. Apabila udara yang dipasok tidak cukup untuk campuran kimia tepat, maka terdapat sebagian biomassa yang tidak terbakar sedangkan apabila udara dipasok berlebihan, maka temperatur pembakaran didalam ruang bakar akan turun sehingga proses pembakaran berlangsung dengan tidak efisien. Efisiensi kompor pada kecepatan udara minimum 2 m/s menghasilkan efisiensi 11,42% dan pada kecepatan udara maksimum 3,0 m/s menghasilkan efisiensi 15,73%. Hasil efisiensi yang optimal tercapai dalam kondisi massa udara dipasok pada kecepatan 2,5 m/s hingga 3,0 m/s dengan efisiensi terbaik adalah 15,73% pada kecepatan udara 3,0 m/s.

Kenaikan konsentrasi oksigen dalam gas menimbulkan laju konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi. Besarnya jumlah bahan bakar yang dikonsumsi akan meningkatkan nilai energi yang dipasok ke kompor. Semakin tinggi energi yang dipasok maka energi yang dikeluarkan akan semakin tinggi. Daya output kompor adalah 0,31 kW hingga 0,73 kW pada kecepatan udara 2 m/s hingga 3,5 m/s.

Kenaikan kecepatan udara akan meningkatkan massa udara yang dipasok ke ruang bakar semakin banyak. Banyaknya massa udara akan meningkatkan konsentrasi oksigen dalam gas yang lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan jumlah bahan bakar yang teroksidasi semakin banyak. Sehingga temperatur pembakaran bahan bakar akan lebih tinggi, menaikkan laju reaksi dan menyebabkan waktu pembakaran bahan bakar yang lebih singkat. Pada kecepatan udara 2 m/s hingga 3,5 m/s, laju konsumsi bahan bakar sekam padi adalah 0,66 kg/hr hingga 1,28 kg/hr.

Pada gambar 7, menyajikan grafik hubungan waktu operasi kompor dengan variasi penambahan bahan bakar 200 gr, 250 gr, 300 gr dan 350 gr.

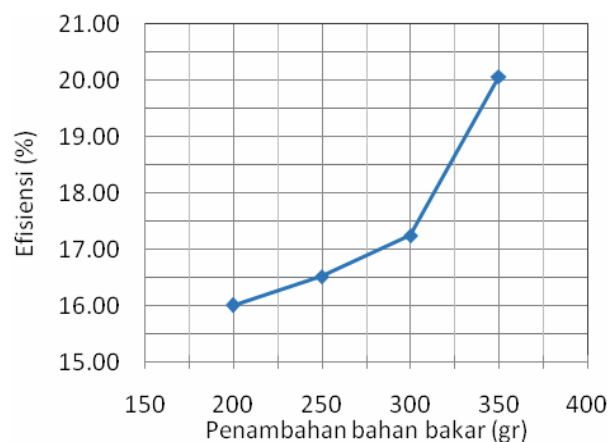




Gambar 7. Grafik waktu operasi dengan penambahan bahan bakar.

Penambahan massa bahan bakar menaikkan waktu operasi kompor lebih lama dikarenakan jumlah massa bahan bakar yang teroksidasi dan mengalami proses pembakaran terjadi peningkatan. Waktu operasi untuk penambahan bahan bakar 200 gr dan 250 gr meningkat 17% dan pada penambahan bahan bakar 350 gr waktu operasi naik 35% lebih lama. Waktu operasi kompor tertinggi adalah 46,22 menit yang dicapai pada penambahan bahan bakar sebesar 350 gr.

Pada gambar 8, menyajikan grafik hubungan efisiensi kompor dengan variasi penambahan bahan bakar 200 gr, 250 gr, 300 gr dan 350 gr.



Gambar 8. Grafik efisiensi dengan penambahan bahan bakar.

Hubungan antara efisiensi kompor dengan penambahan bahan bakar menunjukkan bahwa efisiensi meningkat seiring dengan penambahan bahan bakar. Penambahan bahan bakar akan meningkatkan jumlah massa bahan bakar yang mengalami proses pembakaran bertambah, mengakibatkan kalor yang dihasilkan meningkat sehingga massa uap air yang terjadi akan meningkat. Efisiensi tertinggi yang didapat adalah 20,07% dicapai pada penambahan bahan bakar sebesar 350 gr.

Banyaknya massa bahan bakar akan mengakibatkan jumlah bahan bakar yang teroksidasi semakin banyak dan memerlukan waktu beroperasi lebih lama, akibatnya waktu pembakaran bahan bakar meningkat 17% hingga 35%. Jika jumlah massa bahan bakar meningkat sedangkan massa udara yang dipasok

keruangbakartetapsehinggatidak mencukupi untuk terjadi proses pembakaran komplit. Hal tersebutmenurunkanlajureaksi pembakaransehinggamenghasilkan temperatur pembakaran bahan bakar menjadi rendah dan mengakibatkan laju konsumsibahanbakarturunsebesar 18%hingga 33%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Kompor dengan tambahan bahan bakar dapat meningkatkan efisiensi dan waktu operasional kompor.
- 2) Efisiensi kompor optimum terjadi pada kecepatan udara 2,5 m/s hingga 3,5 m/s dan efisiensi terbaik adalah 15,73% pada kecepatan udara 3,0 m/s.
- 3) Efisiensi tertinggi dicapai pada penambahan bahan bakar 350 gr adalah 20,07%.
- 4) Variasi penambahan bahan bakar meningkatkan waktu operasional kompor sebesar 17% hingga 35%.

Pada penelitian ini masih terdapat permasalahan yang perlu diperbaiki untuk penelitian lebih lanjut, yaitu :

- 1) Modifikasi disain pengaturan naik turunnya burner sebagai laluan penambahan bahan bakar agar lebih mudah masuk ke ruang bakar.
- 2) Mekanisme penambahan bahan bakar dapat dilakukan secara kontinyu dengan memperhatikan proses sistem pembuangan char/abu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basu, Prabir., 2010, Biomass Gasification and Pyrolysis, Elsevier, Oxford, UK.
- Belonio, A. T., 2005, Rice Husk Gas Stove Handbook. Appropriate Technology Center, Central Phillipine University, Iloilo Phillipines.
- Belonio, A. T., 2005, Gas Stove Using Rice Hull as Fuel Glow. Volume 35. Yogyakarta. Indoneisa: Asia Regional Cookstove Program.
- Chandrakant Turare, 1992, Biomass Gasification Technology and Utilization, Science Direct, India.
- Fermoso, J., Arias, B., Gil, M.V., Plaza, M.G., Pevida, C., Pis, J.J., Rubiera, F., 2010, Co-Gasification Of Different Rank Coals With Biomass And Petroleum Coke In A High-Pressure Reactor For H<sub>2</sub>-Rich Gas Production, Bioresource Technology 101, 3230–3235.
- Guo, X.J., Xiao, B., Zhang, X.L., Luo, S.Y., He, M.Y., 2009, Experimental Study On Air-Stream Gasification Of Biomass Micron Fuel (BMF) In A Cyclone Gasifier, Bioresource Technology 100, 1003–1006.
- Kaupp, A., 1984, Gasification of Rice Hull: Theory and Practice. Federal Republic of Germany: GATE/GTZ.
- Natarajan, E. , A. Nordin, A.N. Rao, 1998, Overview Of Combustion And Gasification Of Rice Husk In Fluidized Bed Reactors. Biomass and Bioenergy; 14 ( 5-6), 533-546.
- Rajvanshi, A. K, 1986, Biomass Gasification, Published as a Chapter No. 4 in book “Alternative Energy in Agriculture”, Vol. II, Ed. D. Yogi Goswami, CRC Press, pgs. 83-102.

- Reed, T. B. & Larson, 1988, Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Solar Technical Information Program Solar Energy Research Institute 617 Cole Boulevard, Golden, Colorado 80401-3393
- Reed, T. B., Walt, R., Ellis, S., Das, A. And Deutch, S., 1999, Superficial Velocity – the Key to Downdraft Gasification, in the 4th Biomass Conference of the Americas, Oakland.
- Suvarnakuta, Pitaksa., Suwannakuta, Prapaporn., 2006, Biomass Cooking Stove for Sustainable Energy and Environment, in the 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)”, Bangkok, Thailand, Nov.
- W.T. Tsai a, M.K. Lee b, Y.M. Chang a, 2007, Fast pyrolysis of rice husk: Product yields and compositions, Bioresource Technology Vol. 98.