

## **REDESAIN KOMPOR BIOMASSA TIPE *DOWNDRAFT SYSTEM CONTINUE* DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN SEKAM PADI**

Thambariyaldi Tuina Effendi<sup>1)</sup>, Romi Djafar<sup>2)</sup>, Sjahril Botutihe<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Politeknik Gorontalo, Kampus Puncak Desa Panggulo Bone Bolango

<sup>2)</sup>Tim Pengajar pada Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian, Politeknik Gorontalo

### **ABSTRAK**

Kompur gasifikasi adalah salah satu teknologi pemanfaatan biomassa untuk keperluan memasak pada sektor rumah tangga. 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, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> (selanjutnya disebut dengan syn-gas) sebagai produk utama dan sejumlah kecil arang karbon dan abu sebagai produk ikutan. Tujuan utama saya dalam menciptakan inovasi teknologi yang sedang berkembang saat ini supaya hasil yang didapat lebih efektif dan berkualitas. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen, diawali pengamatan dilapangan (*observasi*) kemudian dari sumber studi pustaka selanjutnya diaplikasikan dalam satu model dimensi dengan perencanaan yang diwujudkan dalam satu bentuk nyata berupa prototipe kompor biomassa tipe *downdraft system continue*. Komsumsi bahan bakar berturut-turut didapat sebesar 0.00012 ; 0.00028 ; dan 0.00050 kg/hr. *Total operating time* dari kompor masing-masing sebesar 14; 16 dan 18 menit Power input berdasarkan hasil analisis masing-masing sebesar 0.00037 ; 0.00088 ; dan 0.00154 kW. Berdasarkan hasil analisis didapatkan *power output* terendah sebesar 7.3 ; 17.1 dan 30.5 kW. Efisiensi kompor biomassa tipe *downdraft system continue* pada penelitian adalah sebesar 23,6%.

Kata kunci : Burner, Reactor, Ass Box dan Sekam

## **REDESIGN OF COMMUNICATION OF BIOMASS TYPE *DOWNDRAFT SYSTEM CONTINUE* USING RICE HUSBANDS**

### **ABSTRACT**

The ossification stove is one of the technologies for biomass for cooking purposes in the household sector. Biomass ossification is a process of thermal decomposition of organic materials through the provision of a number of heat with limited oxygen supply to produce synthesis gases consisting of CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> (hereinafter referred to as syn-gas) as the main product and a small amount of carbon and ash charcoal as a follow-up product. My main goal is to create technological innovations that are currently developing so that the results obtained are more effective and quality. The research method used in the research is the experimental method, beginning with observations in the field (observation) then from the literature study source then applied in one dimensional model with planning realized in one real form in the form of a *downdraft type biomass stove system continue*. Consecutive fuel consumption is obtained at 0.00012; 0.00028; and 0,00050 kg / day. The total is operating time of the stove is 14; 16 and 18 minutes Power input based on the results of the analysis of 0.00037; 0.00088; and 0.00154 kW. Based on the analysis results, the lowest output power is 7.3; 17.1 and 30.5 kW. The efficiency of the *downdraft system continuous biomass stove* in the study was 23.6%.

*Key words* : burner, reactor, ass box and husk

## I. PENDAHULUAN

Biomassa (Babu B. V, 2003) merupakan material biologis berupa tumbuhan dan hewan yang dapat diubah menjadi sumber energi. Berbagai jenis biomassa dari hasil sisa pengolahan bahan pertanian seperti sekam padi, tongkol jagung, ampas tebu, serbuk kayu, yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Biomassa ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi yang cocok dikembangkan di Indonesia karena jumlahnya yang melimpah.

Di Indonesia khususnya di Provinsi Gorontalo memiliki tanaman padi yang sekali panen menghasilkan limbah pertanian yang sangat melimpah. Salah satu limbah pertanian tersebut adalah sekam padi. Kebiasaan yang sering dilakukan oleh petani adalah dengan melakukan pembakaran sekam padi. Hal inilah yang membawa dampak pada pencemaran lingkungan, yang bersumber dari asap pembakaran sekam padi tersebut.

Kendala yang masih dihadapi antara lain adalah masih kurang lancarnya proses reaksi termokimia yang berlangsung di dalam reaktor tungku gasifikasi, sehingga kontinuitas proses gasifikasi belum optimal. Dari banyak percobaan yang sudah dilakukan oleh para akademisi, banyak faktor yang mempengaruhi kelancaran reaksi termokimia dalam proses gasifikasi pada tungku tersebut.

Berdasar latar belakang dan penelitian sebelumnya, Penulis akan merancang kompor biomassa tipe *downdraft system continue* dengan bahan bakar sekam padi dimanfaatkan menjadi sumber bahan bakar pengganti minyak tanah, gas elpiji, dan kayu bakar, serta sekam padi diolah menjadi pupuk organik yang ramah lingkungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Gasifikasi Biomassa

Kompor gasifikasi (Belonio A. T, 2005) adalah salah satu teknologi pemanfaatan biomassa untuk keperluan memasak pada sektor rumah tangga. 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, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> (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.

Proses pembakaran yang terjadi menyebabkan reaksi termo-kimia yang menghasilkan CO, H<sub>2</sub>, dan gas metana (CH<sub>4</sub>). Selain itu, dalam proses ini juga dihasilkan uap air (H<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang tidak terbakar.

Dalam penelitian (Wulandari, D, L.O Nelwan, A.H., 2014) menerangkan bahwa rancangan *outlet* reaktor yang terdiri dari sudut *throat* sangat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan oleh tungku. Dalam analisis yang dihasilkan, diketahui bahwa desain *outlet* sudut desain sudut *throat* 70°, 80°, 90° diukur dari garis yang tegak lurus dengan reaktor menunjukkan nilai kalor volume gas CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> secara berturut-turut adalah 14,49%, 9,65% dan 2,39%.

Kajian dimensi tenggorokan ruang reduksi *gasifier* tipe *downdraft* untuk gasifikasi limbah tongkol jagung. (Purwantana B, Sunarto, Hasan, 2011) menyebutkan bahwa desain *throat* atau tenggorokan tungku dan tinggi ruang reduksi berpengaruh nyata terhadap nyala efektif tungku dan produksi gas metan. Waktu nyala efektif yang besar ditentukan oleh suhu reduksi yang tinggi dan stabil. Dengan suhu diatas 3500°C dan tinggi ruang reduksi 10 cm mampu memberikan kinerja gasifikasi optimal.

Perancangan dan uji-kinerja reaktor gasifikasi sekam padi skala kecil (Agung, 2013) menjelaskan bahwa pembuatan tungku gasifikasi skala kecil dengan dimensi diameter reaktor 13,97 cm dan tinggi reaktor 60 cm sudah mampu mengeluarkan lidah api pada menit ke 7 dari *start up*. Nyala api yang dihasilkan masih kurang stabil seperti yang diharapkan, karena masih kurang lancarnya proses gasifikasi. Terutama dibagian *burner* yang masih menyimpan endapan atau padatan sisa pembakaran.

## III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen, diawali pengamatan dilapangan (*observasi*) kemudian dari sumber studi pustaka selanjutnya di aplikasikan dalam satu model dimensi dengan perencanaan yang diwujudkan dalam satu bentuk nyata berupa prototipe kompor biomassa tipe *downdraft system continue*. pembuatan dan perakitan alat di kerjakan di Labolatorium Mesin Umum dan Labolatorium

Welding Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian Politeknik Gorontalo. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Nvember 2017 sampai bulan agustus 2018.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Proses Pembuatan Kompor Biomassa Tipe *Downdraft System Continue*

Pembuatan kompor biomassa *tipe downdraft system continue* dibagi menjadi 3 bagian diawali dari pembuatan rangka alat box ash, tabung silinder, dan burner. Setelah selesai lalu dipasang ke tiga bagian tersebut menjadi utuh, kompor biomassa ini memiliki tinggi total 96 cm. Hasil atau bentuk dari kompor biomassa *tipe downdraft system continue* seperti ditunjukkan pada Gambar 1. sebagai berikut.



**Gambar 1.** Hasil Pembuatan Kompor Biomassa Tipe *Downdraft System Continue*

Gambar 4.1 menunjukkan hasil bentuk utuh kompor biomassa *tipe downdraft system continue*. Kompor biomassa ini memiliki corong input bahan bakar berkelanjutan dengan menggunakan *system continue* yang bisa dibuka tutup, dan box ash yang bisa dibuka tutup.

##### 1. Perancangan Struktural Kompor Biomassa

Pengerjaan struktur kompor biomassa meliputi pengelasan, roll plat, penekukan plat, dan pemotongan plat. Pengerjaan struktur paling banyak memakan waktu yaitu dengan proses penyambungan atau teknik pengelasan. Bagian-bagian komponen struktural ialah sebagai berikut:

###### a. Rangka alat

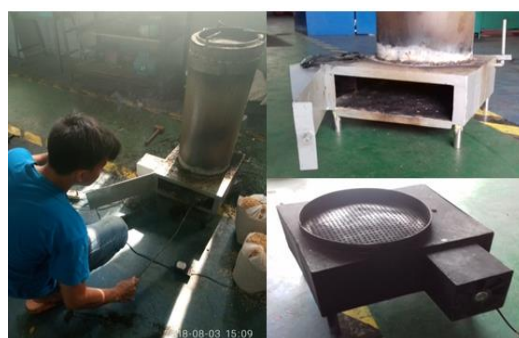
Rangka Alat dibuat menggunakan besi siku berukuran 30 x 20 mm dengan ketebalan 1.5 mm berbahan dasar besi ST 37. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 rangka box ash sebagai berikut.



**Gambar 2.** Rangka Alat

###### b. Ash Box (Kotak Abu)

Kotak Abu dibuat menggunakan besi siku dan dilapisi plat *Essel* dengan tebal 1.6 mm. Gambar 3 model box ash yang akan digunakan sebagai landasan kompor biomassa sebagai berikut.



**Gambar 3.** Ash Box (Kotak Abu)

###### c. Saringan Udara

Saringan terbuat dari besi plat kalpanis dengan tebal 2 mm, saringan udara berukuran 31 x 31 cm membentuk kotak persegi, Jarak antara lubang berukuran 1 x 1 cm. saringan udara dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu sebagai berikut.



**Gambar 4.** Saringan Udara

###### d. Tabung Silinder

Tabung silinder yang dipakai mempunyai dua silinder yaitu silinder luar Ø30 dan silinder dalam Ø25, silinder luar dibuat dari besi plat *Essel* dengan tebal 1.6 mm sedangkan silinder dalam menggunakan besi plat kalpanis dengan ukuran tebal 2 mm, corong input berukuran 10 x 10 x 20 cm berbentuk persegi panjang. Bentuk tabung

silinder terlihat pada Gambar 5 yaitu sebagai berikut.



**Gambar 5.** Tabung Silinder

e. Burner (kepala kompor)

Burner terbuat dari besi plat kalpanis dengan tebal 2 mm yang berfungsi sebagai pengatur untuk keluarnya sumbu nyala api, burner berukuran Ø31 dan Ø26 membentuk silinder, tinggi burner 15 cm, burner memiliki lubang keluarnya api Jarak antara lubang berukuran 2 cm. Burner bisa dilihat pada Gambar 6 yaitu sebagai berikut.



**Gambar 6.** Burner (Kepala kompor)

f. Blower (kipas)

Kipas blower yang digunakan pada kompor biomassa tipe *downdraft system continue* ini menggunakan tegangan AC 220v 0.14A, blower yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut



**Gambar 7.** Blower (kipas)

**Data Hasil Pengujian**

Ekspirimen pengujian dan evaluasi performa kompor gasifikasi tipe *downdraft system continue* meliputi data waktu start-up, laju komsumsi bahan bakar (*fuel consumption rate*), analisis *power input*, efesiensi termal dan *power output*.

Tabel 1. Data hasil pengujian metode water boiling time (WBT)

| No. Pengujian | Berat Bahan Bakar (kg) | Fuel start up (menit) | Total operating time (menit) | Masa air yang dididihkan (kg) | Temperatur Awal Air (°C) | Waktu Mendidih (menit) | Temperatur akhir air (°C) | Nyala sumbu api habis (menit) |
|---------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1             | 1                      | 1.3                   | 14                           | 1                             | 29                       | 7.4                    | 100                       | 11.15                         |
| 2             | 1                      | 1.13                  | 16                           | 2                             | 29                       | 8.33                   | 102                       | 18.3                          |
| 3             | 1                      | 1.18                  | 18                           | 3                             | 29                       | 10                     | 107                       | 30.2                          |
| Rata-Rata     |                        | 1.20                  | 16.00                        | 2.00                          | 29.00                    | 8.58                   | 103.00                    | 19.88                         |

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengujian menggunakan metode *water boiling time* (WBT). Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dengan jumlah bahan bakar yang sama yaitu 1 kg. Berdasarkan data pengujian didapatkan hasil pengujian dengan 1 kg masa air yang dididihkan menunjukkan total operating time yang paling rendah yaitu 14 menit, temperature akhir yang dihasilkan juga lebih kecil dibanding lainnya yaitu sebesar 11.15°. Pada pengujian tersebut proses pendidihan 1 kg air berlangsung cepat yaitu terjadi pada menit ke 7.4. Hal ini dapat terjadi karena kompor terisi bahan bakar sekam padi yang mempunyai sifat pembakaran berkelanjutan sehingga nyala api lebih besar. Sedangkan percobaan ketiga dengan 3 kg masa air yang dididihkan menunjukkan total operating time yang paling tinggi yaitu 18 menit, temperature akhir yang dihasilkan juga lebih besar yaitu sebesar 30.02°. Pada pengujian tersebut proses pendidihan 3 kg air berlangsung agak lama yaitu terjadi pada menit ke 10. Hal ini dapat terjadi karena kompor masih terisi abu sekam padi yang mengendap akibatnya tekanan udarapun berkurang naik keatas sehingga temperature akhir lebih lama padam. Proses pengujian kompor biomassa gasifikasi tipe *downdraft system continue* menggunakan bahan bakar sekam padi dapat ditunjukkan pada Gambar 8 sebagai berikut.



**Gambar 8.** Proses Uji Coba

Dari hasil Gambar 8 menunjukkan bahwa proses uji coba meliputi menyiapkan alat yang akan digunakan, bahan bakar yang sudah terukur

perkilo, dan jumlah air yang akan dididihkan. Setelah sudah selesai masukkan bahan bakar pada kompor lalu bakar menggunakan kertas dibantu sirami solar sedikit-demi sedikit. Setelah sudah naik nyala apinya lalu dipasang burner kompor, setelah itu dididihkan air sesuai takaran pengujian, setelah selesai pengujian lalu lakukan pembersian abu sekam pada box ash.

**Analisis Performa Kompor Biomassa Tipe Downdraft System Continue**

a. Hubungan Power input terhadap Power Output  
 Hubungan parameter PO dan Pi adalah Jumlah energi yang dibutuhkan yaitu mengacu pada jumlah panas yang dipasok. Ditentukan dengan mengetahui Qn sebagai berikut.

Dengan percobaan pertama :

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

$$Q_n = \frac{1 \times 72}{9.8}$$

$$Q_n = 7.3 \text{ (kCal/hr)}$$

Dengan percobaan kedua:

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

$$Q_n = \frac{1 \times 72}{9.8}$$

$$Q_n = 7.3 \text{ (kCal/hr)}$$

Dengan percobaan ketiga :

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

$$Q_n = \frac{3 \times 72}{7.1}$$

$$Q_n = 30.1 \text{ (kCal/hr)}$$

b. *Sensible Heat*

*Sensible Heat* adalah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu air yang diukur sebelum air mendidih dan sesudah mendidih.

Dengan percobaan pertama :

$$SH = M_w \times C_p \times (T_f - T_i)$$

$$SH = 3 \times 1 \times 70$$

$$SH = 210$$

Dengan percobaan kedua :

$$SH = M_w \times C_p \times (T_f - T_i)$$

$$SH = 2 \times 1 \times 70$$

$$SH = 140$$

Dengan percobaan ketiga :

$$SH = M_w \times C_p \times (T_f - T_i)$$

$$SH = 1 \times 1 \times 70$$

$$SH = 70$$

c. *Latent Heat*

*Latent Heat* adalah jumlah energi yang digunakan untuk menguapkan air dengan menggunakan formula sebagai berikut.

Dengan percobaan pertama :

$$LH = W_e \times H_{fg}$$

$$LH = 3 \times 540$$

$$LH = 1620$$

Dengan percobaan kedua :

$$LH = W_e \times H_{fg}$$

$$LH = 2 \times 540$$

$$LH = 1080$$

Dengan percobaan ketiga :

$$LH = W_e \times H_{fg}$$

$$LH = 1 \times 540$$

$$LH = 540$$

d. Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Dengan percobaan pertama :

$$FCR = \frac{Q_n}{HVF \times nV}$$

$$FCR = \frac{7.3}{2582.3 \times 23.6}$$

$$FCR = 0.00012 \text{ kg/hr}$$

Dengan percobaan kedua :

$$FCR = \frac{Q_n}{HVF \times nV}$$

$$FCR = \frac{17.3}{2582.3 \times 23.6}$$

$$FCR = 0.00028 \text{ kg/hr}$$

Dengan percobaan ketiga :

$$FCR = \frac{Q_n}{HVF \times nV}$$

$$FCR = \frac{30.3}{2582.3 \times 23.6}$$

$$FCR = 0.00050 \text{ kg/hr}$$

e. Perhitungan efisiensi termal

Efisiensi termal adalah perbandingan antara nilai kalor yang diterima oleh air dengan nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar. Perhitungan efisiensi termal dilakukan dengan menggunakan persamaan umum yang biasa digunakan metode *water boiling test* (WBT) sebagai berikut.

Dengan percobaan pertama :

$$n = \frac{SH + LH}{HVF \times WF} \times 100$$

$$n = \frac{210 + 1620}{2582.3 \times 3} \times 100$$

$$n = 23.6 \%$$

Dengan percobaan kedua :

$$n = \frac{SH + LH}{HVF \times WF} \times 100$$

$$n = \frac{140 + 1080}{2582.3 \times 2} \times 100$$

$$n = 23.6 \%$$

Dengan percobaan ketiga :

$$n = \frac{SH + LH}{HVF \times WF} \times 100$$

$$n = \frac{70 + 540}{2582.3 \times 1} \times 100$$

$$n = 23.6 \%$$

f. *Power Input*

*Power Input* adalah jumlah energi yang dipasok kedalam kompor berdasarkan bahan bakar yang digunakan.

Percobaan Pertama :

$$P_i = 0.0012 \times FCR \times HVF$$

$$P_i = 0.0012 \times 0.00012 \times 2582.3$$

$$P_i = 0.00037 \text{ kW}$$

Percobaan Kedua :

$$P_i = 0.0012 \times FCR \times HVF$$

$$P_i = 0.0012 \times 0.00028 \times 2582.3$$

$$P_i = 0.00088 \text{ kW}$$

Percobaan Ketiga :

$$P_i = 0.0012 \times FCR \times HVF$$

$$P_i = 0.0012 \times 0.00050 \times 2582.3$$

$$P_i = 0.00154 \text{ kW}$$

g. *Power Output*

*Power output* adalah jumlah energi yang dihasilkan oleh kompor untuk memasak.

Percobaan Pertama :

$$P_o = FCR \times HVF \times \eta$$

$$P_o = 0.00012 \times 2582.3 \times 23.6$$

$$P_o = 7.3 \text{ kW}$$

Percobaan Kedua :

$$P_o = FCR \times HVF \times \eta$$

$$P_o = 0.00028 \times 2582.3 \times 23.6$$

$$P_o = 17.1 \text{ kW}$$

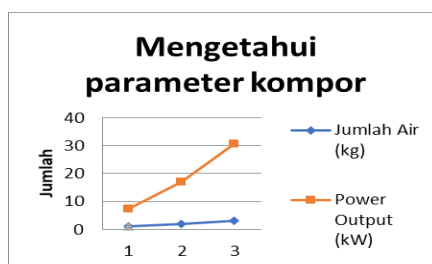
Percobaan Ketiga :

$$P_o = FCR \times HVF \times \eta$$

$$P_o = 0.00050 \times 2582.3 \times 23.6$$

$$P_o = 30.5 \text{ kW}$$

Dengan mengetahui performa atau kinerja kompor biomassa tipe downdraft system continue ialah dengan cara menghitung parameter power output, input, laju bakar, efisiensi termal telah didapatkan. Di tunjukkan pada gambar grafik dibawah ini sebagai berikut.



Gambar 9. Grafik Parameter Kompor

V. PENUTUP

**Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan analisis data pengujian kompor biomassa tipe downdraft system continue dengan 3 variasi ukuran masa air, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Ukuran kompor biomassa berdiameter luar 30 cm, ruang bakar memiliki Ø25 cm, tinggi total 96 cm serta *Gap* antara dinding luar dan ruang bakar sebesar 2.5 cm berisikan glashul memiliki corong isi ulang bahan bakar menjadikan kompor biomassa memiliki masa pembakaran lebih lama dan berkelanjutan.
- 2 Hasil analisis menunjukkan bahwa ukuran bahan bakar untuk masa air hanya dapat berpengaruh pada endapan abu bahan bakar menjadikan siklus pembakaran lebih lama.
- 3 Komsumsi bahan bakar berturut-turut didapat sebesar 0.00012 0.00028 ; dan 0.00050 kg/hr.
- 4 *Total operating time* dari kompor masing-masing sebesar 14; 16 dan 18 menit
- 5 Power input berdasarkan hasil analisis masing-masing sebesar 0.00037 ; 0.00088 ; dan 0.00154 kW.
- 6 Berdasarkan hasil analisis didapatkan *power output* terendah sebesar 7.3 ; 17.1 dan 30.5 kW.
- 7 Efisiensi kompor biomassa tipe downdraft system continue pada penelitian adalah sebesar 23,6%. Disimpulkan bahwa efisiensi kompor biomassa ini lebih tinggi sedikit dibandingkan efisiensi kompor biomassa sebelumnya.

**Saran**

Pembuatan kompor biomassa berkelanjutan atau yang akan meredesain kompor biomassa ini perlu memperhatikan tinggi total dari dari kompor biomassa agar dapat di kurangkan sehingga nyala efektif akan bertambah. Dan pada burner atau kepala kompor juga perlu di perhatikan saat pembuatan, burner haruslah memiliki ruang udara agar api bisa keluar pada lubang sumbu nyala api dan pembuatan sumber lubang sumbu nyala api haruslah berbentuk cembung agar nyala api merah kebiru-biruan bisa didapat.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Agung, W. (2013). Perancangan dan Uji Kinerja Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Skala Kecil.
- Babu B. V, C. A. S. (2003). *Modeling For Pyrolysis of Solid Particle: Kinetics and Heat Transfer Effects*. *Energy Conversion and Management*, 44, 2251–2275.
- Belonio A. T. (2005). Department of Agricultural Engineering and Environmental Managemen College of Agriculture Central Philippine University.
- Purwantana B, Sunarto, Hasan, Y. (2011). Kajian dimensi tenggorokan ruang reduksi gasifier tipe *downdraft* untuk gasifikasi limbah tongkol jagung.
- Wulandari, D, L.O Nelwan, A.H., T. (2014). Pengembangan Metode Pembekuan Vakum Untuk Produk pangan.