

REKAYASA BURNER TUNGKU GASIFIKASI BIOMASSA DENGAN VARIASI JUMLAH LUBANG DAN KETINGGIAN PENYANGGA PADA BURNER

Ony Purnomo¹, Wijianto², Waluyo Adi Siswanto³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: d200110109@student.ums.ac.id

Abstrak

Bahan bakar merupakan sesuatu yang sangat penting bagi kehidupan. Sekarang ini masih banyak digunakan bahan bakar fosil dalam memenuhi kebutuhan, akan tetapi perlu diketahui bahwa bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable*). Untuk itu perlu adanya alternatif lain untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Gasifikasi biomassa berupa sekam padi merupakan alternatif yang baik sebagai pengganti penggunaan bahan bakar fosil. Pengujian menggunakan tungku gasifikasi tipe updraft kapasitas 1,5 kg. Penelitian bertujuan untuk mengetahui temperatur nyala api dan waktu pendidihan air pada variasi jumlah lubang pada *burner* dan ketinggian penyangga pada *burner*.

Penelitian diawali dengan pembuatan *burner* dengan variasi jumlah lubang *burner* 20, 30, 40, 50, kemudian dibuat tinggi penyangga yaitu 15 mm dan 30 mm. Kecepatan aliran udara dari *blower* yang masuk ke tungku gasifikasi adalah 10 m/s. Kemudian pengambilan data meliputi temperatur nyala api setiap 30 detik dan waktu pendidihan air setiap 1 menit.

Hasil penelitian diketahui variasi jumlah lubang *burner* dan tinggi penyangga berpengaruh terhadap temperatur nyala api pada *burner* dan waktu pendidihan air. Hasil pengujian terbaik diperoleh pada variasi tinggi penyangga 30 mm dengan variasi jumlah lubang *burner* 20 waktu nyala efektif hingga 36 menit, temperatur pembakaran tertinggi 757°C, dan waktu pendidihan air 8 menit. Variasi jumlah lubang *burner* 30 waktu nyala efektif hingga 36 menit, temperatur pembakaran tertinggi 769°C, dan waktu pendidihan air 9 menit. Variasi jumlah lubang *burner* 40 waktu nyala efektif hingga 46,5 menit, temperatur pembakaran tertinggi 780°C, dan waktu pendidihan air 8 menit. Sedangkan pada variasi jumlah lubang *burner* 50 waktu nyala efektif hingga 49 menit, temperatur pembakaran tertinggi 789°C dan waktu pendidihan air 9 menit.

Kata kunci: Gasifikasi, burner, lubang burner

Abstracts

Fuel is something that is very important for life. Recently, the fossil fuel are still used much to meet the needs, but, it must be known that the fossil fuel is a non renewable resource. Therefore, other alternatives are needed to reduce the use of the fossil fuel. Biomassa gasification in the form of the hull of rice is a good alternative as the replacement of the use of fossil fuel. The test used an updraft- type gasification furnace with a capacity of 1.5 kg. This research aims at knowing the temperature of flame and the duration of water boiling in the variation of the hole number in the burner and the height of the prop in the burner.

The research was begun by the making of the burner with the variations in the number of the burner 20, 30, 40, 50, then the heights of the prop were made, they were: 15 mm and 30 mm. The speed of air flow from the blower which entered the gasification furnace was 10 m/s. Then, the data taking was conducted including the temperature of flame every 30 second and the duration of water boiling every 1 minute.

From the results of the research, it was known that the variation in the hole number of the burner and the height of the prop had influence on the temperature of the flame in burner and the duration time of the water boiling. The result of the best test was obtained in the variation of the prop height of 30 mm with a variation of the burner hole number was 20, the effective flame duration was up to 36 minutes, the highest temperature of the burning was 757°C, and the duration of the water boiling

was 8 minutes. In the variation of the burner hole number of 30, the effective flame duration was up to 36 minutes, the highest temperature of the burning was 769°C, and the duration of the water boiling was 9 minutes. In the variation of the burner hole number of 40, the effective flame duration was up to 46.5 minutes, the highest temperature of the burning was 780°C, and the duration of the water boiling was 8 minutes. Meanwhile, in the variation of the burner hole number of 50, the effective flame duration was up to 49 minutes, the highest temperature of the burning was 789°C, and the duration of the water boiling was 9 minutes

Keywords: Gasification, burner, burner hole

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bahan bakar merupakan sesuatu yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir setiap manusia memerlukan bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan dan menunjang kegiatannya, misal kegiatan memasak dalam kebutuhan rumah tangga. Sekarang ini masih banyak digunakan bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM) dalam memenuhi kebutuhan, akan tetapi perlu diketahui bahwa bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM) merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Untuk itu perlu adanya alternatif lain untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM). Minyak bumi masih akan mendominasi energi primer dunia hingga tahun 2050, berdasarkan IMF sampai tahun 2035 dunia masih tergantung akan bahan bakar fosil. Indonesia menjadi salah satu konsumen energi terbesar didunia, meskipun Indonesia adalah negara penghasil energi, namun Indonesia juga merupakan salah satu cikal bakal negara konsumen energi terbesar dunia. (Jero Wacik, 2012).

Gasifikasi biomassa merupakan cara efektif yang cocok dikembangkan, terutama di negara kita Indonesia. Dilihat dari segi teknis dan ekonomi cara ini tepat digunakan dan dikembangkan di berbagai tempat di Indonesia. Bagi ibu

rumah tangga ini adalah suatu alternatif yang dapat digunakan untuk menanggurani kelangkaan akan bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM) seperti minyak tanah dan gas LPG. Menurut Rajvanshi (1986), gasifikasi biomassa sebagai pembakaran biomassa tidak selesai yang menghasilkan gas bahan bakar yang terdiri dari karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂), dan sedikit metana (CH₄).

Dengan demikian dalam pemanfaatan sampah organik yang berupa sekam padi tersebut perlu diciptakan sebuah alat yang disebut tungku gasifikasi biomassa. Dalam tugas akhir ini akan diteliti mengenai prestasi sebuah *burner* dengan variasi jumlah lubang pada *burner* dan ketinggian penyangga pada *burner*, sehingga didapatkan *burner* tungku gasifikasi biomassa seperti yang diharapkan.

1.2. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui:

1. Temperatur api pembakaran pada variasi jumlah lubang dan ketinggian penyangga pada *burner*.
2. Waktu pendidihan 2 kg air hingga mencapai temperatur 100 °C.

1.3. Batasan Masalah

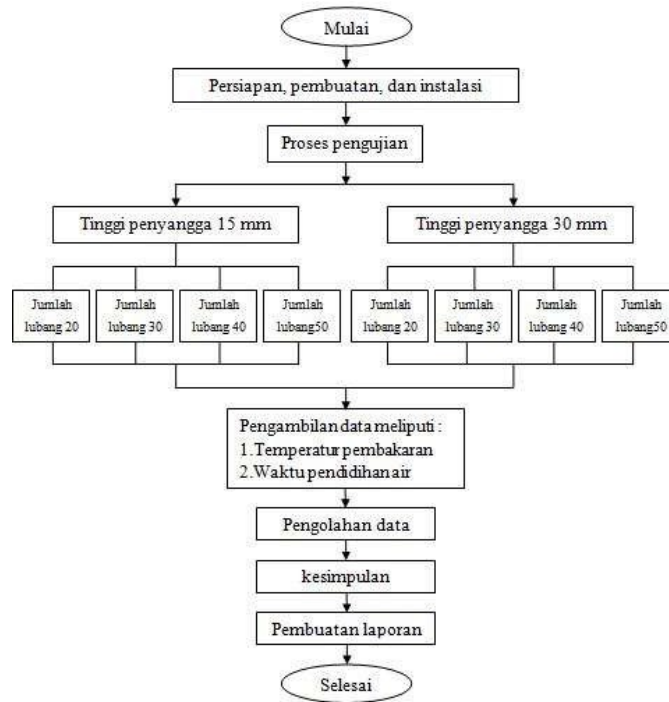
Untuk mempermudah pemahaman dalam penelitian ini perlu adanya batasan – batasan, antara lain :

1. Bahan *burner* yang digunakan adalah plat *stainless steel* dengan tebal 2 mm.
2. Obyek penelitian *burner* adalah mendidihkan 2 kg air.
3. Variasi jumlah lubang *burner* yang digunakan adalah 20, 30, 40, dan 50 diameter lubang *burner* 5 mm.
4. Variasi tinggi penyangga panci pada *burner* yaitu 15 mm dan 30 mm.
5. Limbah biomassa berupa 1,5 kg sekam padi yang sudah dicacah.
6. Kecepatan aliran udara blower yang sama 10 m/s.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini hanya untuk menganalisa temperatur api dan waktu pendidihan 2 kg air pada masing-masing variasi jumlah lubang *burner* dengan masing – masing tinggi penyangga pada *burner*.

2. METODE

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

2.2. Alat dan Bahan

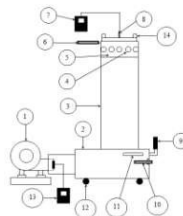
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sekam padi yang sudah di cacah hingga berukuran 10 mesh dan bensin sebagai penyalaan awal.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tungku gasifikasi tipe *up draft, burner* dengan variasi jumlah lubang (20, 30, 40, 50) dan tinggi penyangga (15 mm, 30 mm), *thermocouple reader, flexible thermoanemometer, blower*, timbangan analog, thermometer air raksa, *stopwatch*, gelas ukur, dan panci.



Gambar 2. Kubah burner dan tutup burner dengan variasi jumlah lubang 20, 30, 40, dan 50.

2.3. Instalasi penelitian



Gambar 3. Instalasi penelitian.

Keterangan :

1. *Blower*
2. *Ash chamber*
3. *Silinder gasifier*
4. Lubang *secondary airflow*
5. *Burner*
6. Pegangan *burner*
7. *Thermocouple reader*
8. *Thermocouple*
9. *Ash discharge lever*
10. Pengunci
11. Pegangan pintu
12. Roda
13. Anemometer digital
14. Penyangga pada *burner*

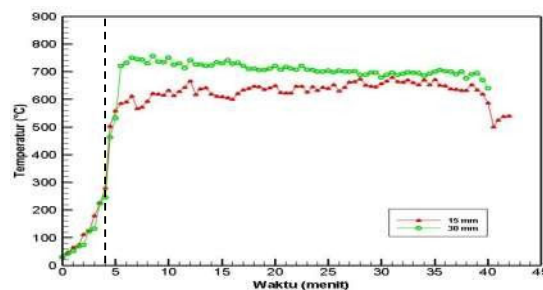
2.4. Langkah – Langkah penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan pada percobaan gasifikasi sekam padi dengan variasi jumlah lubang *burner* adalah sebagai berikut :

1. Memeriksa kelengkapan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Menimbang bahan bakar berupa sekam padi yang akan digunakan dengan massa 1,5 kg.
3. Sekam padi yang sudah ditimbang dimasukkan kedalam reaktor gasifikasi.
4. Blower dinyalakan dengan kecepatan aliran udara sebesar 10 m/s pada setiap percobaan.
5. Percobaan pertama menggunakan penyangga 15 mm dengan jumlah lubang *burner* yang divariasikan 20, 30, 40, dan 50.
6. Percobaan kedua menggunakan penyangga 30 mm dengan jumlah lubang *burner* yang divariasikan 20, 30, 40, dan 50.
7. Memberi sedikit bensin sebagai pembakaran awal diatas sekam padi yang telah dimasukkan ke reaktor pembakaran.
8. Penyalaan awal dengan korek api saat pembuatan bara api hingga api benar – benar menyala pada tunggu gasifikasi.
9. Menutup reaktor gasifikasi sekam padi dengan *burner* yang sudah divariasikan.
10. Mencatat data temperatur api dari hasil pembakaran setiap 30 detik setelah reaktor ditutup dengan *burner*.
11. Mencatat data waktu yang diperlukan untuk pendidihan 2 kg air hingga mencapai temperatur 100°C setiap 1 menit.
12. Percobaan diulang dengan langkah – langkah yang sama sesuai variabel yg diuji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data dan pembahasan gasifikasi sekam padi dengan variasi jumlah lubang *burner* 20

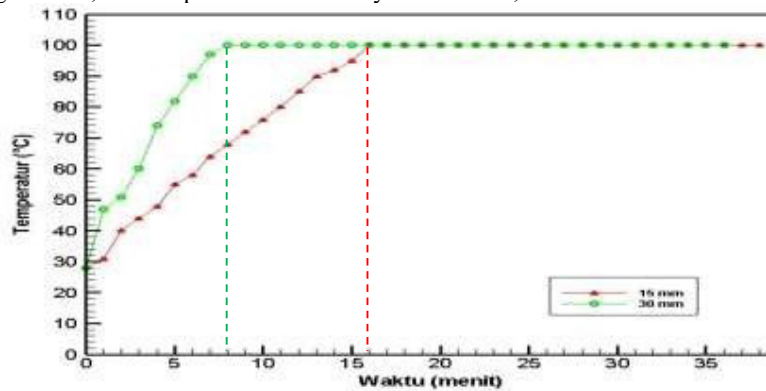


Gambar 4. Grafik hubungan temperatur api dan waktu nyala api pada pengujian dengan variasi jumlah lubang *burner*

Tabel 1. Nyala efektif, temperatur tertinggi, dan temperatur rata – rata pada pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 20.

Tinggi Penyangga (mm)	Nyala Efektif (menit)	Temperatur Tertinggi (°C)	Temperatur Rata - Rata (°C)
15	38	680	627,08
30	36	757	704,10

Berdasarkan gambar 4 dan tabel 1, diketahui bahwa nyala api terbaik yaitu terjadi pada percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm. Lama nyala efektif mencapai 36 menit, temperatur tertinggi 757 °C, dan temperatur rata – ratanya adalah 704,10 °C.



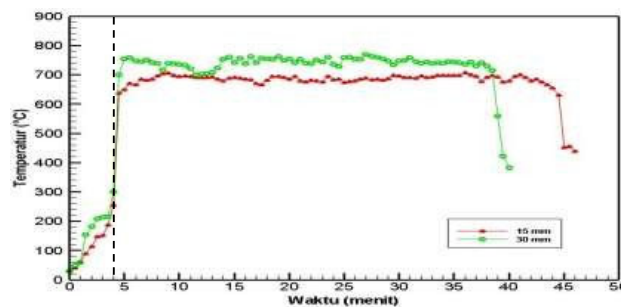
Gambar 5. Grafik hubungan temperatur air dan waktu pendidihan air pada pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 20.

Tabel 2. Waktu pendidihan dan massa air pada pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 20.

Tinggi Penyangga (mm)	Waktu Pendidihan Air (menit)	Massa Awal Air (kg)	Massa Akhir Air (kg)
15	16	2	1,46
30	8	2	1,07

Berdasarkan gambar 5 dan tabel 2, diketahui bahwa waktu pendidihan air hingga mencapai temperatur 100 °C yang terbaik adalah percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm, yaitu selama 8 menit. Selama pendidihan air berkurang dari 2 kg menjadi 1,07 kg, karena proses penguapan.

3.2. Data dan pembahasan gasifikasi sekam padi dengan variasi jumlah lubang burner 30

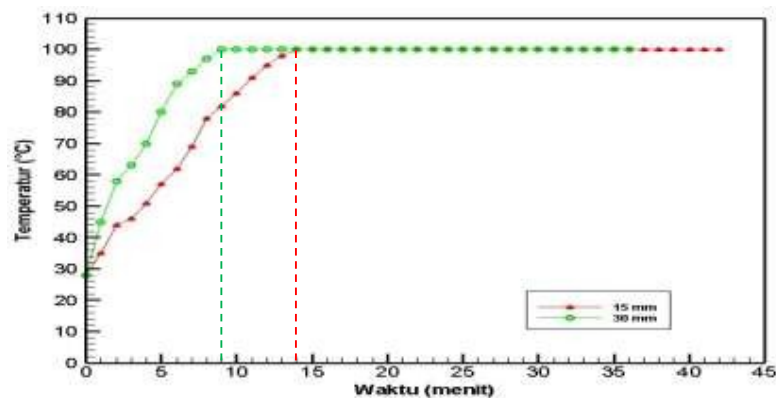


Gambar 6. Grafik hubungan temperatur api dan waktu nyala api pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 30.

Tabel 3. Nyala efektif, temperatur tertinggi, dan temperatur rata – rata pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 30.

Tinggi Penyangga (mm)	Nyala Efektif (menit)	Temperatur Tertinggi (°C)	Temperatur Rata - Rata (°C)
15	42	707	677,17
30	36	769	730,17

Berdasarkan gambar 6 dan tabel 3, diketahui bahwa nyala api terbaik yaitu terjadi pada percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm. Lama nyala efektif mencapai 36 menit, temperatur tertinggi 769 °C, dan temperatur rata – ratanya adalah 730,17 °C.



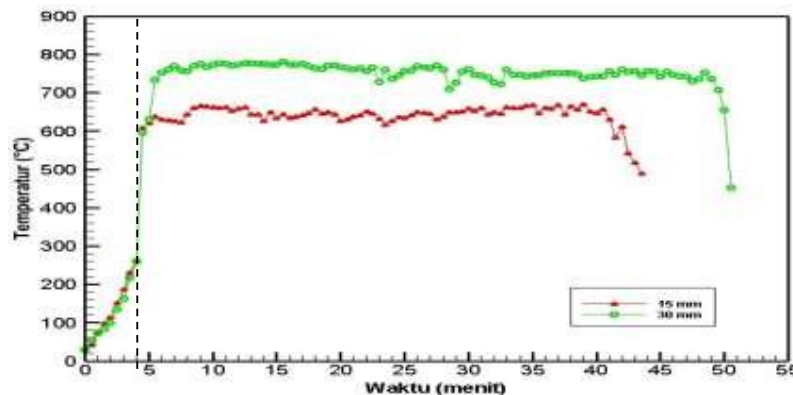
Gambar 7. Grafik hubungan temperatur air dan waktu pendidihan air pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 30.

Tabel 4. Waktu pendidihan dan massa air pada pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 30.

Tinggi Penyangga (mm)	Waktu Pendidihan Air (menit)	Massa Awal Air (kg)	Massa Akhir Air (kg)
15	14	2	1,16
30	9	2	1,06

Berdasarkan gambar 7 dan tabel 4, diketahui bahwa waktu pendidihan air hingga mencapai suhu 100 °C yang terbaik adalah percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm, selama 9 menit. Selama pendidihan air berkurang dari 2 kg menjadi 1,06 kg, karena proses penguapan.

3.3. Data dan pembahasan gasifikasi sekam padi dengan variasi jumlah lubang burner 40

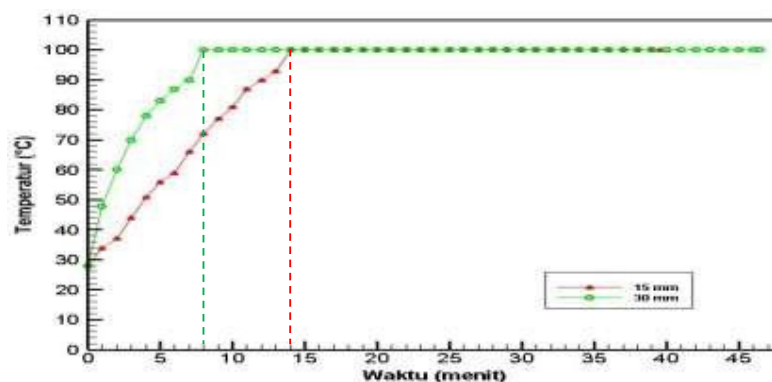


Gambar 8. Grafik hubungan temperatur api dan waktu nyala api pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 40.

Tabel 5. Nyala efektif, temperatur tertinggi, dan temperatur rata – rata pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 40.

Tinggi Penyangga (mm)	Nyala Efektif (menit)	Temperatur Tertinggi (°C)	Temperatur Rata - Rata (°C)
15	39,5	670	640,34
30	46,5	780	747,95

Berdasarkan gambar 8 dan tabel 5, diketahui bahwa nyala api terbaik yaitu terjadi pada percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm. Lama nyala efektif mencapai 46,5 menit, temperatur tertinggi 780 °C, dan temperatur rata – ratanya adalah 747,95 °C.



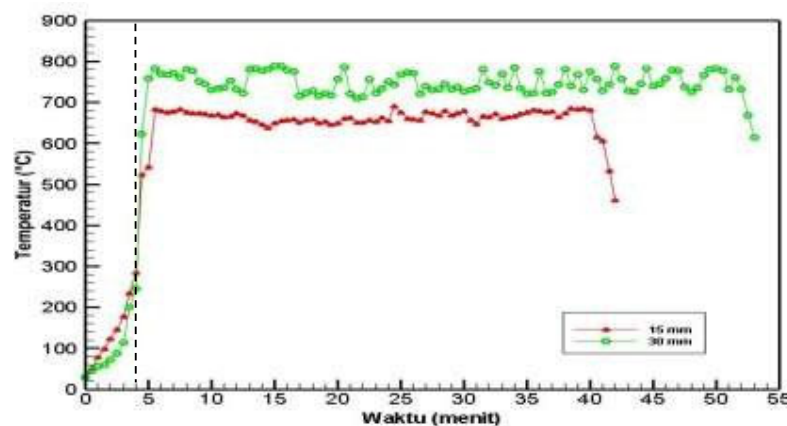
Gambar 9. Grafik hubungan temperatur air dan waktu pendidihan air pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 40.

Tabel 6. Waktu pendidihan dan massa air pada pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 40.

Tinggi Penyangga (mm)	Waktu Pendidihan Air (menit)	Massa Awal Air (kg)	Massa Akhir Air (kg)
15	14	2	1,31
30	8	2	1,04

Berdasarkan gambar 9 dan tabel 6, diketahui bahwa waktu pendidihan air hingga mencapai suhu 100 °C yang terbaik adalah percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm, selama 8 menit. Selama pendidihan air berkurang dari 2 kg menjadi 1,04 kg, karena proses penguapan.

3.4. Data dan pembahasan gasifikasi sekam padi dengan variasi jumlah lubang burner 50

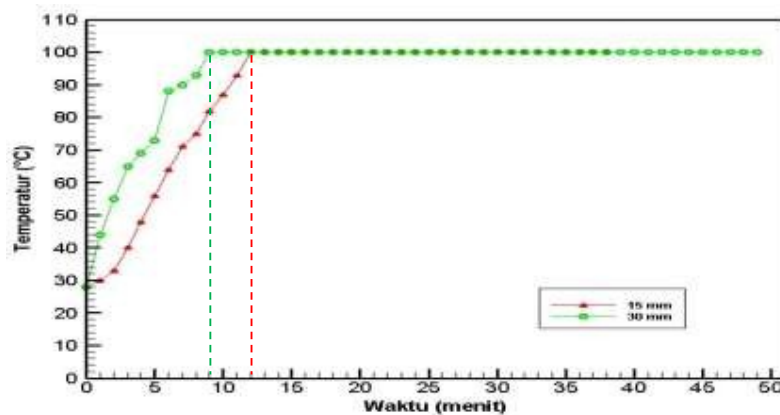


Gambar 10. Grafik hubungan temperatur api dan waktu nyala api pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 50.

Tabel 7. Nyala efektif, temperatur tertinggi, dan temperatur rata – rata pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 50.

Tinggi Penyangga (mm)	Nyala Efektif (menit)	Temperatur Tertinggi (°C)	Temperatur Rata - Rata (°C)
15	38	690	656,80
30	49	789	746,56

Berdasarkan gambar 10 dan tabel 7, diketahui bahwa nyala api terbaik yaitu terjadi pada percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm. Lama nyala efektif mencapai 49 menit, temperatur tertinggi 789 °C, dan temperatur rata – ratanya adalah 746,56 °C.



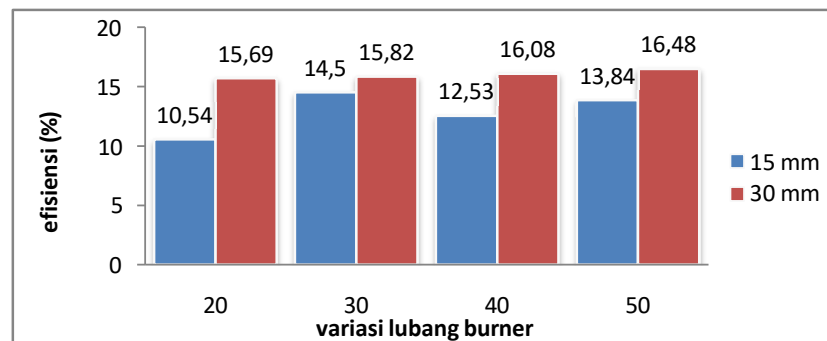
Gambar 11. Grafik hubungan temperatur air dan waktu pendidihan air pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 50.

Tabel 8. Waktu pendidihan dan massa air pada pengujian dengan variasi jumlah lubang burner 50.

Tinggi Penyangga (mm)	Waktu Pendidihan Air (menit)	Massa Awal Air (kg)	Massa Akhir Air (kg)
15	12	2	1,21
30	9	2	1,01

Berdasarkan gambar 11 dan tabel 8, diketahui bahwa waktu pendidihan air hingga mencapai suhu 100 °C yang terbaik adalah percobaan dengan tinggi penyangga 30 mm, selama 9 menit. Selama pendidihan air berkurang dari 2 kg menjadi 1,01 kg, karena proses penguapan.

3.5. Perbandingan efisiensi thermal tungku pada jumlah lubang burner 20, 30, 40, dan 50



Gambar 12. Perbandingan Efisiensi Thermal Tungku pada Jumlah Lubang Burner 20, 30, 40, dan 50.

Gambar 12 menunjukkan perbandingan efisiensi thermal tungku pada empat variasi jumlah lubang *burner* 20 lubang, 30 lubang, 40 lubang, 50 lubang dan tinggi penyangga *burner* 15 mm dan 30 mm. Efisiensi terbaik yaitu terjadi pada percobaan dengan menggunakan tinggi penyangga 30 mm, yaitu pada variasi lubang *burner* 20 didapat efisiensi sebesar 15,69 %, pada variasi lubang *burner* 30 didapat efisiensi sebesar 15,82 %, pada variasi lubang *burner* 40 didapat efisiensi sebesar 16,08 %, dan pada variasi lubang *burner* 50 didapat efisiensi sebesar 16,48 %. Hasil efisiensi yang berbeda dipengaruhi oleh temperatur api, waktu nyala api yang lebih lama, massa air yang diuapkan juga lebih banyak, sehingga kalor yang dibutuhkan untuk mendidihkan 2 kg air lebih besar.

4. PENUTUP

Berdasarkan analisa data dari penelitian rekayasa *burner* tungku gasifikasi biomassa dengan variasi jumlah lubang dan ketinggian penyangga pada *burner*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Nyala efektif terbaik dari pengujian penelitian ini terjadi pada percobaan *burner* variasi jumlah lubang 50 dengan tinggi penyangga 30 mm yaitu selama 49 menit. Sedangkan temperatur tertinggi mencapai suhu 789 °C, temperatur rata – ratanya adalah 746,56 °C.
- b. Waktu pendidihan 2 kg air tercepat yaitu 8 menit dicapai oleh variasi jumlah lubang *burner* 20 dengan tinggi penyangga 30 mm dan variasi jumlah lubang *burner* 40 dengan tinggi penyangga 30 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Riyadi Muhammad, 2015, *Studi Eksperimen Gasifikasi Dengan Menggunakan Fluidized Bed Gasifier (FBG) Berbahan Bakar Sekam Padi, Serbuk Gergaji Kayu Jati Dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon Penghasil Syngas*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Belonio A. T., 2005, *Rice Husk Gas Stove Handbook. Appropriate Technology Center, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management, College of Agriculture, Central Philippine University, Iloilo City, Philippines.*
- Daniel Travieso and others, ‘*Experimental Study of Bottom Feed Updraft Gasifier*’, *Renewable Energy*, 57 (2013), 311–16<<https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.01.056>>. Djokosetyardjo, M.J. 1999, *Ketel Uap*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Handoyo, 2013. *Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Tungku Gasifikasi*, skripsi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Haryowibowo, Riarno, 2008, Bab 4 : *Perancangan dan Pembuatan Pembakar (Burner) Gasifikasi*. 30 November 2015. digilib.itb.ac.id/files/disk1/618/jbptitbpb-gdl-riarnohary-30878-2008ta-4.pdf. Diakses pada Hari Selasa Tanggal 24 November 2015. J, P Holman, 1994. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- Karman, Joni, 2012. *Teknologi dan Proses Pengolahan BIOMASA*. Bandung: Alfabeta.
- Prasetyo, Dwi, 2013, *Unjuk Kerja Tungku Gasifikasi dengan Bahan Bakar Sekam Padi melalui Pengaturan Kecepatan Udara Pembakaran*, Tugas Akhir S- 1, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rajvanshi, A.K., and M.S. Joshi; 1989; *Development and Operational Experience with Topless Wood Gasifier Running a 3.75 kW Diesel Engine Pumpset*; *Biomass* 19 (1989) 47 – 56.
- Subroto. 2014. *Perbandingan Unjuk Kerja Kompor Methanol Dengan Variasi Diameter Burner*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, MEDIA MESIN, Vol. 15, No. 1, Januari 2014, 10-16, ISSN 1411-4348.
- Susanto, Herri. *Biomass Gasification*. Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. esptk.fti.itb.ac.id/herri/. Diakses Jumat, 13 November 2015.
- Simpson, D.H.; 2001; *Biomass Gasification for Sustainable Development*; <http://www.safariseeds.com/botanical/biodigestion/Biodigestion.htm>. Diakses jum’at, 13 November 2015.
- Wacik, Jero. 2012. *Minyak Bumi Mendominasi Bauran Energi Primer Dunia Hingga 2050*. <http://esdm.go.id/berita/migas/40-migas/6024-minyak-bumi-mendominasi-bauran-energi-primer-dunia->

- [hingga-2050.html](#). Diakses Kamis, 26 Agustus 2016.
- Wang, Xuebin et al, 2014, *Optimization study on air distribution of an actual agriculture up-draft biomass gasification stove*, *The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014*. <http://www.sciencedirect.com>. Diakses Jum'at, 26 Agustus 2016 dari Sciencedirect.
- Yaning Zhang and others, 'SC', *Journal of Cleaner Production*, 2015
<<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.053>>. <http://nariphaltan.org/woodgasifier.pdf>. Diakses Kamis, 25 Agustus 2016. <http://www.enggcyclopedia.com/2012/01/types-gasifier/>. Diakses Senin, 17 Oktober 2016.
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Pembakaran/>. Diakses Jumat, 23 September 2016.
<http://www.softilmu.com/2015/10/Pengertian-Rumus-Satuan-Perpindahan-Kapasitas-Kalor-Jenis-.html>. Diakses Selasa, 18 Oktober 2016. <https://arie-kogamamel.blogspot.co.ke/2011/07/jenis-jenis-gasifier-biomassa.html?m=1>. Diakses Jumat, 13 November 2015. <http://santosorising.blogspot.co.id/2012/07/gasifikasi-pyrolysis-pembakaran.html>. Diakses Selasa, 10 Januari 2017.