

HUBUNGAN KETINGGIAN DAN DIAMETER LUBANG UDARA TUNGKU PEMBAKARAN BIOMASSA DAN EFISIENSI TUNGKU

Mirmanto, A. Mulyanto, dan L.R. Hidayatullah
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram
E-mail: m.mirmanto@unram.ac.id

Abstrak--Energi alternatif, misalnya biomassa, dapat dimanfaatkan dengan menggunakan proses pembakaran di dalam tungku. Kendati demikian, tungku tradisional yang tersedia di pasaran atau yang sudah dimanfaatkan masyarakat selama bertahun-tahun efisiensinya masih rendah. Variabel-variabel yang dapat mempengaruhi efisiensi adalah jarak antara ruang bakar dengan lubang masuk udara dan diameter lubang udara. Oleh karena itu, penelitian ini meneliti pengaruh jarak lubang udara dan diameter lubang udara terhadap efisiensi tungku. Pengujian dilakukan menggunakan jarak antara ruang bakar dengan lubang udara 30 cm, 40 cm dan 50 cm dan diameter lubang udara 5 cm dan 10 cm. Diameter ruang bakar adalah 13 cm dan diameter bagian atas dari tungku 19 cm. Bahan bakar yang digunakan adalah tempurung kelapa dengan ukuran bervariasi antara 2 cm sampai dengan 4 cm. Pengujian dilakukan dengan memanaskan air dalam panci berdiameter 22 cm dari suhu lingkungan sampai mendidih (100°C). Parameter yang diteliti adalah kinerja tungku yang terdiri dari lama waktu mendidih, FCR, input daya, output daya, kehilangan daya dan efisiensi. Hasilnya menunjukkan bahwa waktu pendinginan tercepat adalah 337 detik dan FCR tertinggi adalah 1,61 kg /jam yaitu yang dihasilkan dengan tungku dengan diameter lubang 10 cm dan jarak lubang udara dari ruang bakar 50 cm. Efisiensi tertinggi 13,92% dicapai oleh tungku dengan jarak lubang udara 30 cm dan diameter lubang udara 5 cm.

Kata kunci: tungku, diameter lubang udara, jarak lubang udara, FCR, waktu mendidih, efisiensi

Abstract--Alternative energy, such as biomass, can be utilized using the combustion process inside the furnace. Nevertheless, traditional stoves that are available on the market or that have been used by the community for years are still low in efficiency. The variables that can affect the efficiency are the distance between the combustion chamber with the air inlet and the air hole diameter. Therefore, this study examined the effect of the distance and diameter of air holes on the furnace. The test is conducted using the distance between the combustion chamber with air holes 30 cm, 40 cm and 50 cm and the air hole diameter of 5 cm and 10 cm. The diameter of the combustion chamber is 13 cm and the upper diameter of the furnace is 19 cm. The fuel used is coconut shell with size vary between 2 cm to 4 cm. The test is carried out by heating the water in a 22 cm diameter pan from the ambient temperature to boiling (100°C). The parameters studied were furnace performance consisting of boiling duration, FCR, power input, power output, power loss and efficiency. The results show that the fastest cooling time is 337 seconds and the highest FCR is 1.61 kg/h which is generated by a furnace with a hole diameter of 10 cm and an air hole distance from the combustion chamber 50 cm. The highest efficiency of 13.92% is achieved by the furnace with a distance of air hole 30 cm and the diameter of air hole 5 cm.

Keywords: furnace, air hole diameter, air hole distance, FCR, boiling duration, efficiency

1. PENDAHULUAN

Tingkat pemakaian bahan bakar terutama bahan bakar fosil di dunia semakin meningkat seiring dengan semakin berkembangnya populasi manusia dan meningkatnya laju industri di berbagai negara. Cadangan minyak bumi yang merupakan sumber energi utama rumah tangga dan industri makin lama makin menipis, sehingga apabila konsumsi sumber energi ini tidak dibatasi, maka krisis bahan bakar minyak (BBM) tinggal menunggu waktu.

Sebagian dari penduduk Negara berkembang kurang mendapat akses yang baik terhadap layanan energi modern, terutama yang bermukim di pedesaan dan daerah terpencil, yang wilayahnya jauh dari stasiun-stasiun bahan bakar

minyak. Perlu pengembangan sumber energi alternatif atau komponen bagi BBM untuk memenuhi kebutuhan sumber energi masyarakat. Ketersediaan berbagai macam sumber energi, disamping akan menghemat cadangan BBM juga akan menambah manfaat bagi sumber-sumber energi lain yang cukup melimpah.

Rumah tangga merupakan salah satu sektor penggunaan energi terbesar ketiga setelah sektor industri dan transportasi. Menurut data distribusi persentase pemakaian energi final, pemakaian energi untuk rumah tangga mencapai 23% dari total pemakai energi di Indonesia, Utami (2008). Hal ini berarti pemenuhan kebutuhan energi rumah tangga merupakan hal terpenting yang harus diperhatikan. Kebutuhan dasar energi rumah tangga merupakan jumlah energi yang

efektif untuk menghasilkan tenaga yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia seperti memasak, penerangan, dan lain-lain yang berasal dari sumber energi yang tersedia.

Salah satu bentuk sumber energi alternatif yang jumlahnya melimpah dengan kandungan energi yang lebih besar adalah biomassa hewan maupun tumbuhan. Sumber energi biomassa mempunyai keuntungan antara lain dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui.

Bila melihat potensi limbah yang begitu besar sebagai sumber energi alternatif maka pemasyarakatan penggunaan limbah biomassa sebagai energi alternatif sangat dimungkinkan. Pengurangan konsumsi bahan bakar fosil sesuai dengan *blue print* pengelolaan energi nasional 2005-2025, kebijakan Indonesia memiliki sasaran salah satunya adalah meningkatkan energi terbarukan, penggunaan energi biomassa menjadi 15% dari total pemakaian sumber energi, Riseanggara (2008).

Sekitar 40% total konsumsi energi nasional yang digunakan oleh rumah tangga (terutama di pedesaan) berasal dari kayu bakar (*fuel wood*). Di daerah pedesaan biomassa ini (kayu bakar) dapat dengan mudah dijumpai dan murah (Larson dan Kartha, 2000). Disamping itu, biomassa ini dapat langsung digunakan pada proses pembakaran. Biomassa di alam tersedia dalam berbagai bentuk, seperti potongan batang kayu, ranting-ranting kayu, sisa ketaman kayu, limbah pertanian, batang, daun, dan lain-lain. Untuk keperluan sehari-hari seperti memasak masyarakat menggunakan material biomassa (kayu bakar) sebagai bahan bakar.

Tungku biomassa merupakan media yang biasa digunakan untuk melangsungkan reaksi pembakaran, kemudian panas yang dihasilkan dimanfaatkan untuk keperluan memasak. Desain tungku biomassa digunakan oleh masyarakat masih sangat sederhana sehingga efisiensi pembakaran masih rendah, yakni hanya berkisar 5 hingga 10%, Barlin dan Nainggolan (2012), Budianto dkk (2014).

Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, ruang pembakaran pada tungku harus dibuat dengan memperhatikan pola aliran yang terbentuk ketika fluida (udara, gas pembakaran dan hasil pembakaran) melalui unggun kayu bakar. Selain itu, bentuk geometri ruang bakar, lubang pemasukan aliran udara juga sangat mempengaruhi pola aliran yang dihasilkan.

Konsep desain tungku yang efisien adalah menciptakan proses pembakaran yang sempurna. Pembakaran sempurna bahan bakar dapat dicapai jika suhu ruangan, bahan bakar dan rasio udara bahan bakar pada kondisi yang diinginkan. Udara masuk melalui lubang dengan satu lubang udara memiliki efisiensi yang lebih tinggi, Maulana (2008).

Desain panjang dan pendeknya saluran udara menentukan laju aliran udara (sirkulasi alami) dalam ruang bakar yang selanjutnya mempengaruhi sempurna tidaknya proses pembakaran, Yunianto dkk. (2014). Pada tungku yang memanfaatkan aliran udara yang alami, asap dan gas-gas kalor yang naik melalui cerobong menghasilkan tekanan yang kuat dan menarik udara agar melalui bahan bakar yang menyala. Bahan bakar dimasukkan kedalam tungku diatas api yang menyala. Lubang ditempatkan dibawah ruang bakar. Sehingga mengakibatkan semua udara yang masuk kedalam tungku untuk mengalir melalui bahan bakar yang sedang menyala. Abu dan sisa-sisa pembakaran lainnya dikeluarkan dari tungku dibawah ruang bakar tersebut. Penelitian pengaruh jarak lubang dengan ruang bakar pernah dilakukan oleh Ahtar (2015), Mulyanto dkk. (2016). Mereka menggunakan jarak lubang 10 cm, 20 cm, 30 cm dan 40 cm. Sedangkan diameter lubang udaranya tetap yaitu 5 cm. Mereka menyimpulkan bahwa semakin tinggi jarak lubang semakin turun. Namun demikian, pada jarak lubang 40 cm, air mendidih lebih cepat dan bahan bakar juga lebih cepat habis. Untuk itulah penelitian mereka perlu dikembangkan.

Tungku-tungku yang secara alamiah di dalamnya terjadi aliran udara seperti ini menghasilkan nyala api yang optimal dan panas. Agar api tungku dapat menyala dengan baik, udara yang masuk ke dalam tungku harus melalui bahan bakar yang menyala.

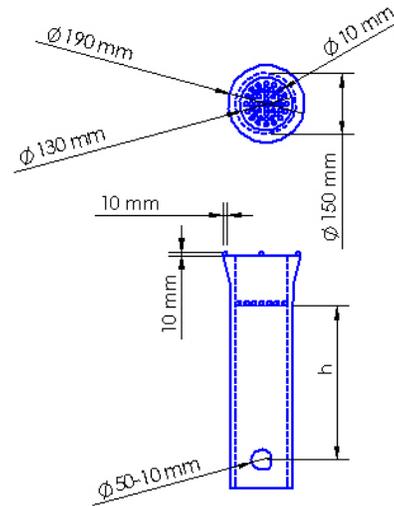
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Workshop Fakultas Teknik, Universitas Mataram dengan menggunakan tungku yang terdiri dari ruang bakar berdiameter 13 cm, diameter bagian atas tungku 19 cm, tinggi ruang bakar 15 cm, diameter lubang udara divariasikan 5 cm dan 10 cm, dan ketinggian jarak lubang udara juga divariasikan yaitu 30 cm, 40 cm, dan 50 cm seperti ditunjukkan pada gambar 1. Sedangkan foto-foto tungku yang diuji ditunjukkan pada gambar 2. Alat yang digunakan meliputi termometer air raksa, thermometer digital merek Tasi Type B626, timbangan digital merek Chammry kapasitas 7 kg, stopwatch, anemometer merek Huay Type MS6252B dengan ketelitian 0,01 m/s dan korek api. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa tempurung kelapa dengan ukuran 2-4 cm, air dan minyak tanah.

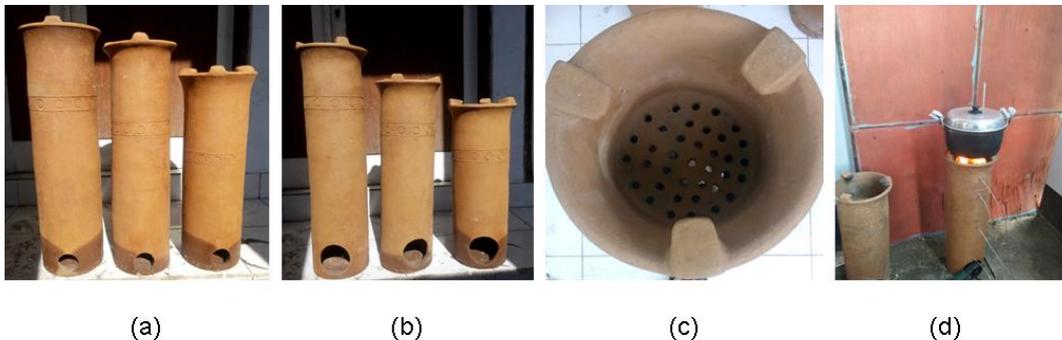
Pembuatan tungku dilakukan di Desa Penujak, Kecamatan Peraya Barat, Kabupaten Lombok Tengah. Adapun prosedur penelitiannya adalah:

- a. Tungku biomassa dalam kondisi siap digunakan untuk pengujian performa tungku.

- b. Bahan bakar biomassa yang akan digunakan tersedia dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi proses pembakaran selama proses pengujian tungku.
- c. Bahan bakar biomassa yang digunakan dalam kondisi kering
- d. Alat uji seperti timbangan, stopwatch, thermometer, anemometer sudah dalam kondisi siap digunakan.
- e. Timbang berat biomassa yang diisikan kedalam ruang bakar.
- f. Siapkan 1 liter air yang akan dididihkan pada tungku dan sebelumnya temperatur awal air diukur dan timbang berat air tersebut.
- g. Biomassa dalam ruang bakar dibakar menggunakan minyak tanah (10 gr = 0,01 kg) sebagai pemicu.
- h. Panci yang berisi air diletakkan diatas ruang bakar dan catat waktu ketika panci diletakkan diatas ruang bakar.
- i. Tunggu air sampai mendidih dan catat waktu yang dibutuhkan sampai air mendidih. Catat juga waktu dalam selang waktu 1 menit sampai titik didih dicapai.
- j. Dengan cara yang sama (e sampai i) untuk pengujian diameter lubang udara 5 cm dan 10 cm pada ketinggian lubang 30 cm, 40 cm, dan 50 cm.



Gambar 1. Sket tungku percobaan



Gambar 2. Tungku percobaan; (a) diameter lubang udara 5 cm, (b) diameter lubang udara 10 cm, (c) tampak atas, (d) tungku sedang dicoba. h adalah variable jarak lubang udara dengan ruang bakar

Parameter pengujian

Water boiling test (WBT) adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui kinerja suatu tungku dalam skala laboratorium, dengan kondisi yang sama, bahan bakar kelembaban, spesies, bentuk, jenis alat masak, pemasak termasuk cara mengoperasikan tungku dipertahankan sama di sepanjang pengujian.

[1]. *Boiling time*

adalah waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada panci atau ketel, yaitu dihitung mulai dari meletakkan panci pada tungku sampai air mendidih pada suhu 100°C.

[2]. *Fuel consumption rate (FCR)*

FCR adalah perbandingan antara jumlah bahan bakar yang terpakai dengan waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air.

$$FCR = \frac{m_{bb}}{t} \quad (1)$$

$$m_{bb} = m_a - m_{ak} \quad (2)$$

FCR adalah *fuel consumption rate* (kg/jam), m_{bb} menyatakan bahan bakar yang terpakai (kg), m_a adalah massa awal (kg), m_{ak} merupakan massa akhir (kg) dan t adalah waktu (jam).

[3]. Daya bersih (P_{netto})

Daya bersih adalah jumlah energi yang digunakan untuk memanaskan air dibagi dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih.

$$P_{netto} = \frac{m_w c_p (T_f - T_i)}{t} \quad (3)$$

Dengan P_{netto} adalah daya bersih (kJ/s = kW), m_w menyatakan massa air (kg), c_p adalah massa jenis

yaitu diambil sekitar 4,1864 kJ/kg°C, T_i mentakan suhu awal (°C) dan T_f adalah suhu akhir (°C).

[4]. Daya pembakaran (P_{in})

Daya pembakaran adalah energi panas yang terkandung didalam bahan bakar dibagi dengan waktu yang telah digunakan pada proses pembakaran.

$$P_{in} = \frac{(m_{bb}LHV) + (m_{mt}LHV_{mt})}{t} \quad (4)$$

Dengan m_{mt} adalah massa minyak tanah, dan LHV_{mt} adalah nilai kalor bawah minyak tanah (J/kg), sedangkan LHV merupakan kalor bawah bahan bakar (J/kg).

[5]. Daya yang hilang P_{loss}

Daya yang hilang merupakan selisih daya yang masuk dikurangi daya yang digunakan

$$P_{loss} = P_{in} - P_{netto} \quad (5)$$

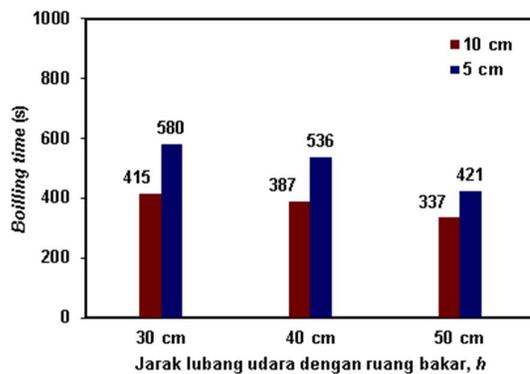
[6]. Efisiensi tungku (η)

Efisiensi pada penelitian ini dirumuskan sebagai perbandingan antara daya netto terhadap daya pembakaran.

$$\eta = \frac{P_{netto}}{P_{in}} \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Boiling time adalah waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada panci/ketel yang dihitung mulai meletakkan panci/ketel sampai air mencapai suhu 100°C. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara *boiling time* dengan jarak lubang udara dengan ruang bakar.

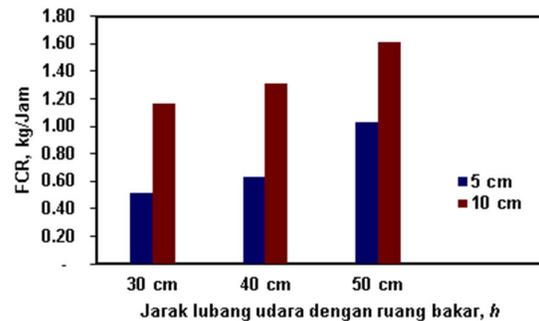


Gambar 3. Hubungan antara *boiling time* dengan jarak lubang udara dengan ruang bakar pada diameter lubang udara 5 cm dan 10 cm.

Dari gambar 3, *boiling time* sangat dipengaruhi dengan jarak lubang udara, yaitu semakin jauh jarak lubang udara maka *boiling time* justru semakin kecil. Artinya bahwa dengan jarak lubang udara yang besar maka saat

memasak air cepat mendidih atau cepat mencapai suhu 100°C pada tekanan 1 atm. Trend ini berlaku untuk besar diameter lubang udara 5 cm maupun 10 cm. Tetapi untuk diameter lubang udara 5 cm, air mendidih dicapai dengan waktu yang lebih lama. Jadi dengan lubang udara yang kecil akan menghambat atau memperlambat proses pendidihan air di dalam panci. Jika diinginkan adalah air dalam panci cepat mendidih, maka pilihlah diameter lubang udara yang lebih besar yaitu 10 cm dalam penelitian ini. Hasil ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ahtar (2015), Mulyanto dkk (2016). Mereka juga menemukan bahwa diameter yang besar dan jarak yang besar akan mempercepat waktu untuk mencapai pendidihan pada perebusan air di dalam panci.

FCR merupakan salah satu variable yang dicari pada penelitian ini. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara FCR dengan jarak lubang udara dengan ruang bakar.

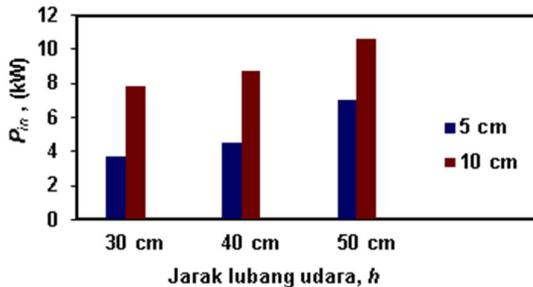


Gambar 4. Hubungan antara FCR dengan jarak lubang udara dengan ruang bakar pada lubang udara 5 cm dan 10 cm.

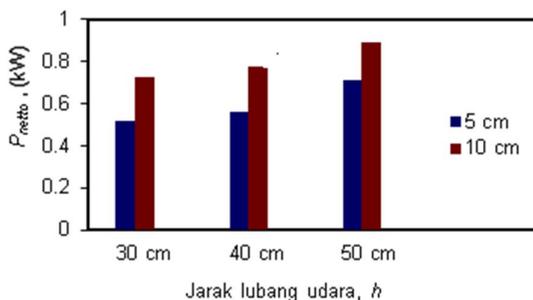
Sejalan dengan kecepatan air mendidih, maka jarak lubang dengan ruang bakar dan besar lubang udara akan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakarnya. Dari gambar 4, sangat jelas bahwa semakin besar jarak lubang dengan ruang bakar dan semakin besar lubang udara mengakibatkan semakin besar bahan bakar yang digunakan. Jadi walaupun cepat mendidihkan air dalam panci, tetapi boros bahan bakar. Oleh sebab itu, berdasarkan dua variable ini belum bias disimpulkan mana yang lebih baik. Variabel lainnya yang perlu dikaji adalah daya pembakaran.

Daya pembakaran dihitung dengan menggunakan persamaan (4). Hasil hitungan ditunjukkan pada gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa sesuai dengan FCR yang besar maka daya pembakaran tentu akan menjadi besar. Oleh sebab itu, diameter yang besar dan jarak lubang yang besar mengakibatkan daya pembakaran yang besar pula. Ini juga telah ditemukan oleh Widiarto (2012), Ahtar (2015), Mulyanto dkk (2016). Mereka memperoleh bahwa daya pembakaran yang besar terbentuk oleh tungku yang jarak lubang udara dengan ruang bakar

paling besar yaitu 40 cm. Namun demikian, perlu diuji variable lain yaitu daya netto. Apakah daya netto akan serta merta besar juga atau tidak. Daya netto dapat dilihat pada gambar 6.



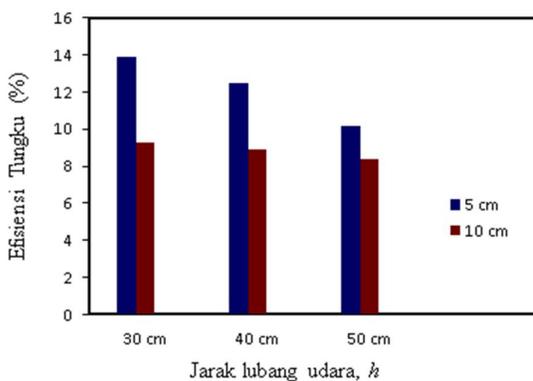
Gambar 5. Hubungan daya pembakaran dengan jarak lubang udara pada diameter lubang udara 5 cm dan 10 cm.



Gambar 6. Hubungan daya netto dengan jarak lubang udara dengan ruang bakar pada diameter lubang 5 cm dan 10 cm.

Selaras dengan kecepatan pendidihan, maka dari gambar 6 dapat dikatakan bahwa semakin besar diameter lubang udara dan semakin besar jarak lubang dengan ruang bakar menghasilkan daya netto yang besar pula.

Variabel terakhir yang diuji adalah efisiensi. Efisiensi pada penelitian ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7). Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara efisiensi dengan jarak lubang udara pada diameter lubang udara 5 cm dan 10 cm.

Dari gambar 7, satu hal yang sangat penting untuk diketahui adalah bahwa semakin cepat proses pencapaian air untuk mendidih di dalam panci, efisiensinya ternyata semakin rendah. Namun pernyataan ini tentunya hanya khusus untuk penelitian ini, sebab penelitian menunjukkan bahwa semakin besar lubang udara dan semakin besar jarak lubang udara terhadap ruang pembakaran efisiensinya semakin kecil. Oleh sebab itu, hasil ini sungguh sulit untuk menentukan mana yang baik dari sekian variasi. Satu variable yang barangkali dapat digunakan untuk memperoleh kesimpulan yang pas adalah efisiensi dibagi dengan waktu untuk mendidihkan air (*boiling time*) dalam panci. Misal efisiensi pada jarak 50 cm dan lubang 10 cm adalah 8,4% dan *boiling time*-nya 337 s, maka $8,4\%/337 \text{ s} = 0,025\%/s$. Kemudian pada jarak lubang 30 cm dan diameter lubang 10 cm, diperoleh efisiensi 9,2% dan *boiling time*-nya 415 s, maka perbandingannya adalah $9,2\%/415 \text{ s} = 0,022\%/s$. Jadi dengan demikian efisiensi perdetiknya yang baik adalah untuk jarak 50 cm dan diameter lubang 10 cm. Sekarang untuk jarak 50 cm dan diameter lubang 5 cm, *boiling time*-nya 421 s dan efisiensinya 10,2%, maka perbandingannya adalah $10,2\%/421 \text{ s} = 0,024\%/s$. Efisiensi dan *boiling time* pada jarak 30 cm dan diameter lubang 5 cm adalah 14% dan 580 s, maka perbandingannya adalah $14\%/580 \text{ s} = 0,024\%/s$. Jadi kesimpulannya adalah tungku dengan jarak lubang udara terhadap ruang bakar 50 cm dan diameter lubang 10 cm adalah yang terbaik pada kondisi penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan diantaranya:

1. Semakin besar lubang udara (khusus pada paper ini 10 cm) dan semakin besar jarak lubang terhadap ruang bakar (pada paper ini 50 cm) akan semakin cepat *boiling time*-nya, semakin besar FCR-nya, semakin besar daya pembakarannya, semakin besar daya netto-nya, semakin besar daya loses-nya tetapi semakin kecil efisiensinya.
2. Perbandingan efisiensi terhadap *boiling time* menunjukkan bahwa diameter lubang 10 cm dan jarak lubang terhadap ruang bakar 50 cm adalah yang terbaik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Athar M. 2015. *Pengaruh ketinggian lubang udara pada tungku pembakaran biomassa terhadap efisiensi waktu pendidihan air*. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram.

- [2]. Barlin, Nainggolan MP. 2012. Studi performa tungku pembakaran biomassa berbahan bakar limbah sekam padi, *Prosiding Seminar Nasional Resatek*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- [3]. Budianto A, Nurhuda M, Nadhir A. 2014. *Uji Efisiensi Tungku Tanah Liat Berdaya Sedang*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya.
- [4]. Maulana R. 2008. *Optimasi efisiensi tungku sekam dengan variasi lubang pada badan kompor*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [5]. Mulyanto A, Mirmanto, Ahtar M. 2016. Pengaruh ketinggian lubang udara pada tungku pembakaran biomassa terhadap unjuk kerjanya. *Dinamika Teknik Mesin* 6(1): 22-30.
- [6]. Utami Y. 2008. *Desain dan uji unjuk kerja tungku briket biomassa*, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [7]. Widiarto IH. 2012. *Pengaruh luas celah udara pada kompor briket batubara terhadap efisiensi waktu pendidihan air*, Skripsi, Fakultak Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Jember.
- [8]. Yuniyanto B, Sinaga N, Ramanda SAK. 2014. *Pengembangan desain tungku bahan bakar kayu rendah polusi dengan menggunakan dinding beton semen*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.