

## KAJIAN DAN TERAPAN KONSEP FISIKA DALAM DESAIN TUNGKU SEKAM

### *STUDIES AND APPLIED PHYSICS CONCEPTS IN THE HUSK STOVE DESIGN*

A. Suhandi<sup>1\*</sup>, D. Rusdiana<sup>1</sup>, Irzaman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Fisika FMIPA, Institut Pertanian Bogor

Diterima: 10 Mei 2013. Disetujui: 01 Juni 2013. Dipublikasikan: Juli 2013

#### ABSTRAK

Telah dilakukan kajian dan penerapan konsep Fisika dalam menyempurnakan desain tungku sekam. Konsep-konsep Fisika yang dikaji meliputi konsep pembakaran dan transfer panas. Hasil kajian mengindikasikan bahwa konsentrasi udara dalam badan tungku sekam mengendalikan pembakaran sekam, proses transfer panas dan pelepasan gas buang yang dihasilkan. Pengaturan konsentrasi udara dalam ruang bakar tungku direalisasikan dengan cara memasang sirip saluran udara. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh jumlah sirip saluran udara terhadap efisiensi tungku. Proses penelitian dilakukan dengan cara menguji penggunaan tungku sekam dalam proses memasak 20 liter air. Berdasarkan data-data massa sekam yang digunakan, massa air, energi spesifik air, kalor yang dibutuhkan untuk memasak tiap satuan waktu, dan kandungan energi dalam bahan bakar sekam, efisiensi tungku sekam dapat dihitung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efisiensi tungku sekam bergantung pada jumlah sirip lubang udara yang dipasang. Untuk ukuran tungku sekam yang digunakan dalam penelitian, efisiensi optimum terjadi ketika jumlah sirip lubang udara berjumlah empat buah, dengan capaian efisiensi sebesar 20,25 %.

#### ABSTRACT

A study and an application of physics concepts in refining husk stove design have been done. The examined physics concepts include the concept of combustion and heat transfer. Results of the study indicated that the concentration of air in the stove combustion chamber could control husk burning processes, heat transfer and release of exhaust gasses produced. The management of air concentration in the stove combustion chamber was realized by installing the fin air inlets. This research was conducted to investigate the effect of the number of fins air inlets to stove efficiency. The research process was done by testing the use of rice husk stove in the cooking of 20 liters of water. Based on the data of husk mass, water mass, the specific energy of water, the energy needed to cook per unit time, and the energy content in the fuel ash, rice husk stove efficiency can be calculated. The result of this research indicated that efficiency of husk stove depended on the number of installed fins air inlets. For a size of husk stove used in this research, the optimum efficiency occurred when the number of fin air inlets was four pieces, with an efficiency achievement of 20,25 %.

© 2013 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

**Keywords:** husk stove; Physics Analyzes; Air fin hole; Rice husk stove efficiency

#### PENDAHULUAN

Sepertiga dari 6 milyar populasi dunia hidup di negara-negara berkembang. 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 (manisha Joshi, 2013). Cadangan minyak bumi yang merupakan sumber energi utama untuk rumah tangga dan industri makin lama makin menipis, sehingga apabila konsumsi sumber

\*Alamat Korespondensi:  
E-mail: a\_bakrie@yahoo.com

energi ini tidak dibatasi, maka krisis bahan bakar minyak (BBM) tinggal menunggu waktu. Perlu pengembangan sumber energi alternatif atau komplemen bagi BBM untuk memenuhi kebutuhan sumber energi bagi masyarakat. Ketersediaan aneka ragam sumber energi, disamping akan menghemat cadangan BBM juga akan menambah kemanfaatan sumber-sumber energi lain yang cukup melimpah.

Hampir 2 milyar penduduk negara berkembang termasuk Indonesia terutama yang bermukim di pedesaan sudah sejak lama mengandalkan bahan bakar biomassa dan teknologi tradisional untuk kepentingan memasak dan pemanasan. Bahan bakar tradisional yang sering digunakan penduduk pedesaan antara lain kayu bakar, batok kelapa, serbuk gergaji, ampas tebu, sekam padi dan lain-lain. Berdasarkan hasil penelitian tentang program pengembangan energi kayu regional di Asia yang dilakukan FAO, menunjukkan bahwa potensi pasokan dan perkiraan konsumsi kayu bakar pada tahun 1994 adalah 8963 juta kg dan 5681 juta kg secara berturut-turut (Kumaradasa et al. 1999). Tentu saat ini perbandingannya tidak sebesar itu lagi, karena pasokan kayu bakar makin berkurang sedangkan permintaan semakin banyak. Penggunaan Kayu bakar yang volumenya terus meningkat akan mendorong kegiatan penebangan pohon. Penebangan pohon yang tidak terkendali akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan hidup. Banjir, longsor, kekeringan dan pemanasan global merupakan bencana-bencana alam yang dapat terjadi akibat penebangan pohon secara besar-besaran.

Sekam padi merupakan salah satu jenis bio massa yang dapat menghasilkan energi dalam bentuk panas (kalor) ketika dibakar. Saat ini penggunaannya sebatas sebagai pelapis lantai tanah di peternakan unggas, bahan bakar di pembakaran bata merah, dan media tanam pada tanaman hias. Di negara-negara pertanian seperti Indonesia, produksi sekam melimpah seiring dengan melimpahnya hasil panen padi. Sekam padi memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan bakar di rumah tangga, untuk kepentingan memasak. Sekam padi merupakan lapisan padi yang meliputi kariopsis, terdiri dari dua belahan disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Bila dibandingkan dengan residu agro lainnya sekam padi memiliki kandungan abu yang lebih tinggi (20-22,4 %), kadar kalium tinggi, 1,0 % protein kasar, 0,3 % lemak kasar, dan 30-5 karbohidrat. Namun demikian, sekam padi merupakan bio-

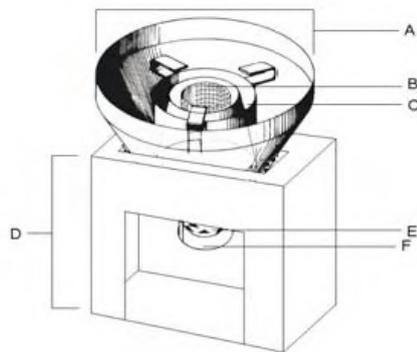
massa yang luar biasa, memiliki kemampuan aliran yang baik, memiliki kelembapan antara 10-12 %, dan abunya mengandung sedikit mineral alkalin. Kondisi ini membuat sekam padi memiliki potensi sebagai bahan bakar yang baik, meskipun nilai kalorinya lebih kecil dari kayu dan residu agro lainnya (Yahaya dan Ibrahim, 2012).

Beberapa peneliti telah mencoba menajagi penggunaan sekam padi menjadi bahan bakar rumah tangga. Yahaya dan Ibrahim (2012) mengembangkan bahan bakar sekam padi dalam bentuk briket yaitu kompaksi dari bahan yang densitasnya kecil dan mudah terbakar untuk dijadikan sebagai bahan bakar. Peneliti lain yang juga mengembangkan bahan bakar sekam padi dalam bentuk briket adalah Ahiduzzaman et al. (2013). Meskipun menguntungkan dari segi densitas (kerapatan) ketika sekam dibuat dalam bentuk briket, namun dalam penggunaannya dipandang kurang praktis, karena harus didahului dengan proses pembuatan briket yang juga memakan waktu.

Belonio (dalam Irzaman, 2008) telah mencoba menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar rumah tangga tanpa dibuat dalam bentuk briket. Untuk itu telah dikembangkan desain tungku sekam dimana dalam sistemnya ada wadah untuk penampungan sekam. Mengikuti jejak belonio, peneliti juga telah mengembangkan desain tungku sekam untuk sekam yang tidak dibuat dalam bentuk briket. Desain tungku sekam yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1, A adalah wadah sekam dalam bentuk kerucut terbalik, B adalah silinder untuk memfokuskan api yang keluar, C adalah isolator tungku, dan D adalah badan tungku. Dari uji coba penggunaan tungku sekam dengan desain seperti pada Gambar 1, diperoleh hasil bahwa : pertama, efisiensi bakar tungku sekitar 18 %; kedua, pada pembakaran sekam dihasilkan gas buang yang cukup banyak ditandai dengan munculnya asap yang cukup tebal ketika proses pembakaran terjadi. Efisiensi sebesar ini dipandang masih kecil dan perlu ditingkatkan kembali, agar penggunaan tungku sekam dapat lebih bernilai ekonomis. Emisi gas buang yang banyak kurang menguntungkan baik dari segi pembakaran itu sendiri maupun dari segi kesehatan manusia, sehingga harus direduksi. Kedua hal ini diduga terjadi akibat kurangnya pasokan oksigen (udara) ke ruang bakar pada saat proses pembakaran terjadi.

Secara kimia, pembakaran merupakan suatu proses yang terjadi karena kombinasi



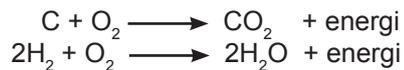
(a)



(b)

**Gambar 1.** Tungku Sekam : (a) desain, (b) tungku hasil pengembangan

yang sangat cepat antara oksigen dan elemen atau campuran kimia yang mengasikkan pelepasan panas. Dalam pembakaran bahan bakar atau limbah dimana komponen utama terdiri dari karbon dan hidrogen, pelepasan panas yang terjadi ditunjukkan oleh reaksi berikut :



Dari reaksi di atas tampak bahwa produk utama yang dihasilkan pembakaran bahan bakar organik adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan energi (panas). Apabila oksigen dalam ruang bakar tidak cukup, maka reaksi pembakaran tidak akan berjalan optimal, proses gasifikasi tidak optimal dan gas yang dihasilkan tidak akan dapat dengan mudah lepas dari ruang bakar ke udara bebas. Semua hal ini akan bermuara pada rendahnya unjuk kerja (efisiensi) tungku sekam (Ale et al., 2009)

Pada saat belum terjadi pembakaran ruang bakar diisi oleh udara bebas (termasuk oksigen) tetapi begitu proses pembakaran terjadi ruang bakar diisi oleh gas buang sehingga di dalamnya tidak cukup banyak oksigen yang diperlukan untuk pembakaran. Untuk menunjang proses pembakaran yang lebih baik perlu ada pasokan oksigen dari luar untuk memperkaya oksigen di ruang pembakaran. Department Energy USA (2005) menyatakan bahwa proses pembakaran yang kaya oksigen akan memberikan keuntungan sebagai berikut : (1) Dapat meningkatkan efisiensi karena dapat mereduksi kehilangan panas dari gas buang, (2) dapat menurunkan emisi gas buang seperti nitrogen oksida, karbon monoksida, dan hidrokarbon yang berbahaya, (3) dapat meningkatkan sta-

bilitas tempertur bakar, dan (4) dapat meningkatkan produktivitas melalui peningkatan temperatur api dan transfer panas serta reduksi gas buang.

Pada tungku proses transfer panas yang dihasilkan dari proses pembakaran ke sampel yang dipanaskan, didominasi oleh proses konveksi dan radiasi, Konveksi merupakan proses perpindahan panas langsung melalui perpindahan massanya (Tipler, 1998). Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi jika ada perbedaan temperatur di dua tempat dalam bahan yang unsur-unsur atau molekul-molekulnya mudah berpindah tempat seperti zat cair dan gas. Agar proses konveksi dapat berjalan dengan kontinyu perlu ada sistem pasokan udara dari samping tungku. Radiasi merupakan proses pancaran energi oleh benda-benda dalam bentuk radiasi elektromagnetik (Tipler, 1998). Radiasi ini bergerak melewati ruang dengan kelajuan cahaya. Laju radiasi ditentukan oleh bahan yang dilewati oleh gelombang. Semakin rapat medium yang dilewati maka laju penjalaran gelombang elektromagnetik makin kecil. Keberadaan udara dan gas buang dalam ruang bakar tungku sekam akan menghambat pada proses radiasi, jika jumlahnya terlalu banyak.

Perlu penyempurnaan desain tungku sekam yang telah dikembangkan, agar tersedia saluran masuk udara (oksigen) luar ke ruang bakar agar proses pembakaran dapat berjalan secara optimal sehingga dapat mencapai suhu bakar yang tinggi. Disamping itu proses transfer panas baik secara konveksi maupun radiasi juga dapat terjadi secara optimal. Dan tak kalah pentingnya adalah dapat mereduksi produksi gas buang dan kemudahan pelepasan

gas buang dari ruang bakar ke udara bebas.

Atas dasar kajian konsep fisis terutama yang terkait dengan pembakaran dan transfer panas seperti itu, maka penelitian ini bertujuan untuk menyempurnakan desain tungku yang telah dikembangkan, dengan menambahkan komponen saluran udara masuk dari bagian samping tungku dan mendapatkan gambaran pengaruhnya terhadap unjuk kerja desain tungku sekam hasil penyempurnaan.

Beberapa peneliti telah menggunakan saluran untuk udara masuk (air inlet) dalam desain tungku yang dikembangkannya, beberapa diantaranya adalah Ramirez et. al. (2007) dan Ale et. al. (2009).

Paper ini memaparkan hasil-hasil penyempurnaan desain tungku sekam yang telah dilakukan serta gambaran pengaruhnya terhadap efisiensi tungku.

### METODE

Sesuai dengan desain tungku yang telah dikembangkan dengan wadah sekam berbentuk kerucut terbalik, maka saluran udara masuk ke ruang bakar tungku dibuat dalam bentuk sirip seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sirip-sirip tersebut dapat dipasang pada kerucut wadah sekam dengan cara dibaut. Untuk mendapatkan gambaran pengaruh jumlah udara masuk terhadap unjuk kerja tungku sekam, maka jumlah sirip saluran udara masuk yang dipasang pada tungku jumlahnya divariasikan: tanpa sirip, 2 sirip, 4 sirip, 6 sirip, dan 8 sirip.

Pengaruh jumlah sirip saluran udara yang dipasang pada tungku terhadap unjuk kerja tungku sekam ditentukan melalui perhitungan efisiensi tungku sekam. Efisiensi tungku sekam didefinisikan sebagai rasio antara energi yang dihasilkan oleh tungku sekam

(dalam bentuk panas) dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar sekam. Dalam penghitungan efisiensi tungku sekam, harus diketahui jumlah energi yang dibutuhkan untuk kepentingan memasak. Energi kalor yang dibutuhkan untuk memasak dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : (Ojolo et. al. 2012)

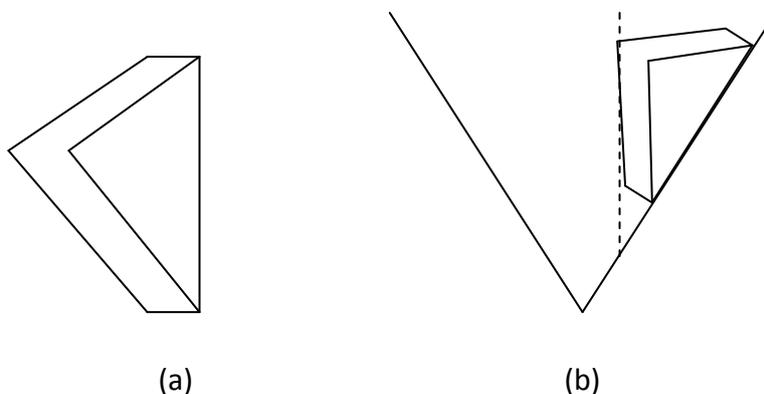
$$Q = \frac{Mf \times Es}{t} \quad (1)$$

disini Q adalah energi yang dibutuhkan dalam KCal/jam, Mf adalah massa bahan yang dimasak dalam kg, dan Es adalah energi spesifik bahan yang dimasak dalam KCal/kg, dan t adalah lama waktu yang dibutuhkan untuk memasak dalam jam. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan tiap satuan waktu untuk memasak bergantung pada energi yang dibutuhkan, energi yang terkandung dalam bahan bakar dan efisiensi tungku sekam menurut persamaan berikut : (Ojolo et al., 2012)

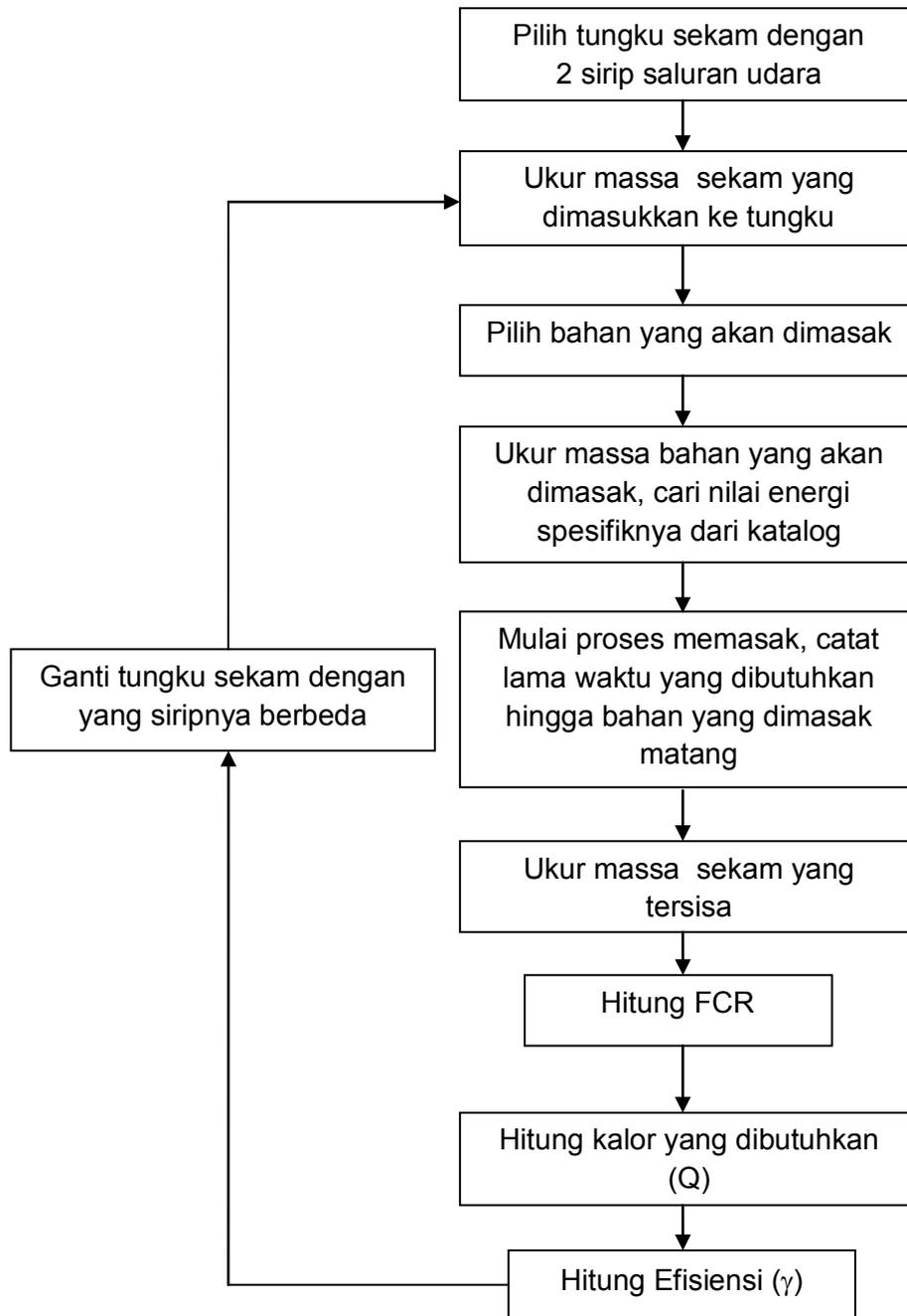
$$FCR = \frac{Q}{H \times \gamma} \quad (2)$$

disini FCR adalah bahan bakar yang dibutuhkan dalam kg/jam, H adalah energi yang terkandung dalam bahan bakar dalam KCal/kg, dan  $\gamma$  adalah efisiensi tungku sekam dalam persen.

Untuk kepentingan perhitungan efisiensi tersebut dibutuhkan data-data sebagai berikut : (1) jenis bahan yang dimasak untuk menentukan energi sfesisfiknya, (2) massa bahan yang dimasak, (3) lamanya waktu memasak (t), (4) Energi yang terkandung dalam bahan bakar, dan (5) jumlah bahan bakar yang digunakan untuk memasak. Untuk mengumpulkan



Gambar 2. (a) desain sirip saluran udara (b) pemasangan sirip pada kerucut



**Gambar 3.** Bagan alur penelitian penggunaan tungku sekam

data-data tersebut, telah dilakukan kegiatan uji penggunaan tungku sekam yang berbeda jumlah siripnya untuk memasak suatu jenis bahan masakan. Bagan diagram alur penelitian penggunaan tungku sekam ditunjukkan pada Gambar 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengembangan Desain Tungku Se-

### kam

Gambar 4 menunjukkan tungku sekam yang telah diproduksi dengan desain yang disempurnakan. Gambar 4a menunjukkan tungku sekam dengan dua buah sirip saluran udara, sedangkan Gambar 4b menunjukkan tungku sekam dengan enam sirip saluran udara.

### Hasil uji coba Penggunaan Tungku Sekam bersirip

Dalam uji coba ini tungku sekam digunakan untuk memasak air murni sebanyak 20 liter. Tabel 1 menunjukkan data hasil uji coba penggunaan tungku sekam dengan jumlah sirip berbeda-beda, sedangkan Tabel 2 menunjukkan data hasil perhitungan efisiensi tungku sekam untuk jumlah sirip saluran udara yang berbeda-beda.

Gambar 5. menunjukkan grafik hubungan fungsional antara efisiensi tungku dengan jumlah sirip tungku berdasarkan data pada Tabel 2. Tampak bahwa penggunaan jumlah sirip aliran udara yang berbeda berpengaruh terhadap nilai efisiensi tungku sekam.

Kecenderungannya adalah efisiensi tungku naik ketika jumlah sirip ditambah hingga empat, tetapi ketika ditambah lagi hingga delapan, ternyata efisiensi tungku sekam menurun kembali. Karena jumlah sirip identik dengan jumlah udara yang masuk ke ruang bakar tungku, maka dapat dikatakan bahwa efisiensi tungku akan naik ke nilai tertentu seiring bertambahnya jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar tungku, tetapi turun kembali ketika jumlah udara yang masuk terus ditingkatkan. Nilai efisiensi optimum tungku terjadi ketika jumlah sirip pada tungku sebanyak empat buah, mencapai 20,25 %.



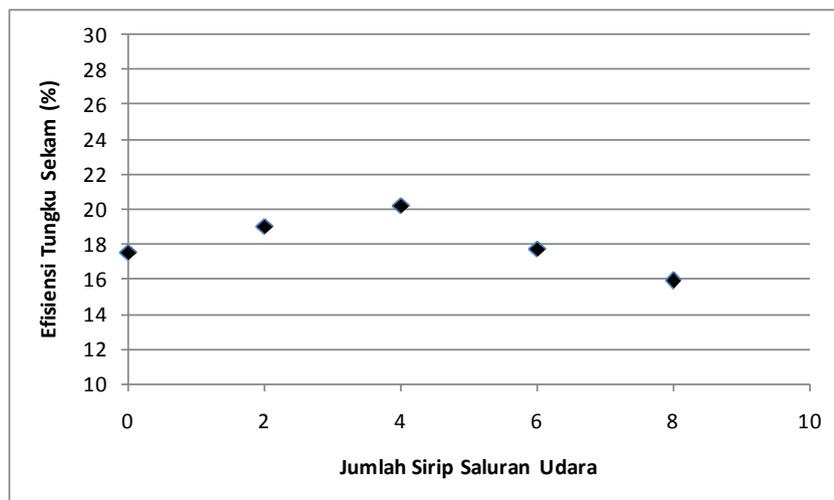
**Gambar 4.** Sirip saluran masuk udara; (a) tungku sekam dengan dua sirip dan (b) tungku sekam dengan enam sirip

**Tabel 1.** Data hasil uji coba penggunaan tungku sekam untuk jumlah sirip tungku yang berbeda-beda

No	Jumlah Sirip saluran udara	Massa air (kg)	Waktu Memasak (Jam)	Energi spesifik air (Kcal/kg)	FCR (Kg/jam)
1	0	20	0,333	28,248	3,12
2	2	20	0,317	28,248	3,02
3	4	20	0,300	28,248	3,00
4	6	20	0,333	28.248	3,08
5	8	20	0,367	28,248	3,12

**Tabel 2.** Data hasil perhitungan efisiensi tungku sekam untuk jumlah sirip tungku yang berbeda-beda

No	Jumlah Sirip	Kalor yang dibutuhkan (Q) Kcaki/kg	Kandungan Energi dalam bahan bakar (H) (Kcal/kg)	Efisiensi (%)
1	0	1696,577	3100	17,54
2	2	1782,208	3100	19,04
3	4	1883,200	3100	20,25
4	6	1696,577	3100	17,77
5	8	1539,401	3100	15,92.



**Gambar 5.** Grafik Efisiensi Tungku sebagai fungsi jumlah sirip saluran udara

Grafik hubungan seperti ini menunjukkan adanya nilai optimum untuk masukan udara ke dalam ruang bakar tungku, yang akan menghasilkan efisiensi tungku yang optimum. Keadaan ini dapat dipahami sehubungan kompleksitas peran udara (oksigen) pada proses pembakaran sekam dalam tungku. Kekurangan udara akan mengakibatkan sulitnya proses pembakaran, transfer panas secara konveksi, dan pelepasan gas buang ke udara bebas. Sebaliknya jika udara yang masuk terlalu banyak, proses radiasi panas akan terhambat. Dibutuhkan jumlah udara yang pas agar proses pembakaran sekam dan transfer panas secara konveksi dan radiasi dapat berjalan secara optimum.

### PENUTUP

Telah berhasil dilakukan penyempurnaan desain tungku sekam dengan menambahkan sirip saluran udara masuk ke ruang bakar tungku. Berdasarkan data hasil uji penggunaan tungku dapat disimpulkan bahwa penambahan komponen saluran udara pada desain tungku sekam dapat berpengaruh terhadap nilai efisiensi tungku sekam. Untuk ukuran tungku sekam yang digunakan dalam penelitian, efisiensi tungku bernilai optimum ketika jumlah sirip saluran udara yang dipasang berjumlah empat buah, dengan capaian efisiensi tungku sebesar 20,25 %. Udara (oksigen) dalam ruang bakar tungku sekam mengendalikan pembakaran sekam, proses transfer energi (panas)

dan pelepasan gas buang.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahiduzzaman, Md. and Sadrul islam, A. K. M., (2013), *Development of Biomass Stove for Heating up Die Barrel of Rice Husk Briquette Machine*, Procedia Engineering, Elsevier, vol. 56, pp 777-781.
- Ale, B. B. Er., Bhatarai, N. Er., Gautman, J., Chapagain, P., and Pushpa, K. C., (2009) *Institutional Gasifier Stove : a Sustainable Prospect for Institutional Cooking*, Journal of the Institute of Engineering, vol. 7, No. 1, pp 1-8.
- Irzaman, Alatas, H., Darmasetiawan, H., Yani, A., and Musiran, (2008), *Development of Cooking Stove from Waste (Rice Husk)*. Institut Pertanian Bogor, Department of Physics, FMIPA IPB, Kampus IPB Dramaga.
- Kumaradasa, M. A., Bhattacharya, S. C., Abdul Salam, P., and Amur, G. Q., (1999), *A Study of Biomass as a Source of Energy in Sri Lanka*, RERIC International Energy Journal, Vol. 21, No. 1, June, pp. 55-68.
- Ramirez, J. J., Martinez, J. D., and Petro, S. L., (2007), *Basic Design of a Fluidized Bed Gasifier for Rice Husk on a Pilot Scale*, Latin American Applied Research, vol. 37, pp. 299-306.
- Tipler, P. A., (1998) Fisika : Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- U. S Department of Energy (2005), *Energy Tips-Process heating : Oxygen Enriched Combustion*, September.
- Yahaya, D. B., and Ibrahim, T. G., (2012), *Development of Rice Husk Briquettes for Use as Fuel*, Research Journal in Engineering and Applied Science, Vol 1, No. 2, pp. 130-132.