

PENGEMBANGAN TUNGKU BRIKET BATUBARA SKALA RUMAH TANGGA

Improvement of a Coal Briquette Stove for Household Scale

Tamrin

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brodjonegoro
No. 1, Gedung Meneng, Bandar Lampung 35145
Email: tamrin62@yahoo.com

ABSTRAK

Pengembangan tungku briket batubara sangat diperlukan dalam diversifikasi pemakaian energi bahan bakar agar ketahanan energi nasional menjadi kuat. Kebijakan pengalihan bahan bakar minyak tanah ke elpiji merupakan kebijakan jangka pendek dan perlu energi alternatif lainnya. Idealnya semua potensi yang ada dapat digunakan untuk memasak, tidak harus bergantung pada energi tertentu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan tungku briket batubara skala rumah tangga untuk meningkatkan efisiensi dan memudahkan pematian bara api. Tungku briket batubara dibuat didasarkan pada sistem pindah panas dari bara briket ke objek yang dipanaskan, memudahkan pematian bara api briket batubara dan menyalurkan asap dari ruang pembakaran keluar dari ruang dapur. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perubahan suhu dasar panci selama pembakaran, untuk mendapatkan efisiensi tungku dan lama waktu mematikan bara api briket. Hasil pengamatan terhadap tungku hasil pengembangan menunjukkan bahwa suhu layak memasak ($>180^{\circ}\text{C}$) dicapai selama 35-65 menit, lama suhu layak memasak sekitar 4 jam. Efisiensi maksimum tungku adalah 25,5 % dan lama pematian bara api adalah 19-33 menit.

Kata kunci: *Tungku batubara, batubara, efisiensi*

ABSTRACT

Improving of a coal briquette stove is required in the context of energy diversification for strengthening national energy security. The policy of kerosene conversion to LPG is a short term policy and needs other source of energy alternative. In idealized sense, all potentials should be used for household cooking, not always depending on a particular energy source. Purpose of this research was to improve a household coal briquette stove to increase stove efficiency and ease in ceasing the ember. Design criteria of the coal briquette stove were based on heat transfer from the burning coal to the heated object, ease in ceasing the ember, and facilitating the exhausting smoke from the kitchen room. Performance test to the designed stove was conducted on analyses of temperature at the bottom of a pan versus time during the firing, heat efficiency, and the time of ceasing ember. The results showed that the cooking temperature ($>180^{\circ}\text{C}$) was reached after 35-65 minutes. The cooking temperature lasted for 4 hours, heat efficiency of 25.5 % was about optimum, and the time of ember ceasing was 19-33 minutes.

Keywords: *Briquette stove, coal, heat efficiency*

PENDAHULUAN

Blue print pengelolaan energi nasional 2006, mengarahkan kepada peningkatan penggunaan batubara perlu 15,3 % menjadi 33,0 % dalam energi bauran pada tahun 2025. Salah satu sasaran pemanfaatan batubara adalah industri kecil dan rumah tangga (Suganat, 2009). Untuk itu pemerintah telah berusaha melakukan diversifikasi pemakaian energi yang dimulai pada tahun 1993. Pemakaian batubara diperkenalkan

untuk konsumsi rumah tangga dan industri kecil yaitu dalam bentuk briket batubara.

Kebijakan energi nasional untuk rumah tangga adalah pengalihan pemakaian minyak tanah ke gas elpiji. Pengalihan minyak tanah ke gas elpiji untuk beberapa daerah di Indonesia telah berjalan dengan baik dan di terima oleh masyarakat. Jika dibandingkan penggunaan gas elpiji untuk memasak dengan minyak tanah atau briket batubara, maka masyarakat akan memilih penggunaan gas elpiji, karena nyala awal lebih

cepat dan tingkat pencemarannya rendah serta panas yang dihasilkan lebih tinggi. Akan tetapi kebijakan ini tidak cocok untuk dilaksanakan dalam jangka panjang, karena ketersediaan bahan bakar elpiji juga terbatas. Berdasarkan prinsip ketahanan energi nasional yaitu diversifikasi pemakaian energi, maka pemakaian energi diarahkan pada beberapa sumber yang tersedia di suatu daerah, sehingga tidak mengarah penggunaan satu jenis energi.

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (2009) melaporkan bahwa kondisi umum penggunaan energi saat ini masih tergantung kepada minyak bumi, dan permintaannya terus meningkat dengan pertumbuhan sekitar 7 % per tahun. Peningkatan konsumsi energi tersebut tidak mudah untuk ditekan, apalagi untuk jenis bahan bakar yang mendapat subsidi pemerintah. Rencana pemerintah untuk diversifikasi energi berupa pengembangan energi alternatif seperti batubara masih belum terwujud. Padahal cadangan batubara sangat besar yaitu sekitar 5,4 miliar ton, untuk itu prospek penggunaan batubara di masa mendatang sangat potensial.

Pemanfaatan briket batubara sebagai energi untuk rumah tangga saat ini dihadapkan pada beberapa kendala yaitu membutuhkan waktu penyalan api awal yang cukup lama yaitu 15-30 menit dan waktu untuk mencapai suhu yang layak untuk memasak memerlukan waktu 45-75 menit. Kendala lain adalah belum ada metode pematian api yang efektif. Dilaporkan bahwa emisi asap briket batubara yang dihasilkan dengan menyiram air juga mengandung bahan kimia dan debu (*fly ash*) yang berbahaya untuk kesehatan seperti unsur NO_x , SO_x dan CO (Menad dkk., 2006; Raiyani dkk., 1993).

Untuk mewujudkan penggunaan briket batubara di rumah tangga perlu dikembangkan tungku briket batubara untuk memasak di dapur dengan efisiensi tinggi dan mudah dalam pematian bara api. Disamping itu asap hasil pembakaran dapat keluar dari dapur sehingga tidak terhirup oleh manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan tungku briket batubara skala rumah tangga untuk meningkatkan efisiensi dan memudahkan pematian bara api.

Tungku Batubara

School of Environment Resources and Development (SERD), Asian Institute of Technology, Thailand telah mengembangkan berapa jenis tungku dengan bahan bakar biomasa untuk masyarakat Asia (Anonim, 2003), Siritherasas (2003) juga telah mengembangkan rancangan tungku briket batubara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tungku yang dikembangkan menggunakan bahan bakar biomasa untuk rumah tangga tidak dapat secara efektif digunakan untuk tungku briket batubara. Jika tungku biomasa digunakan dengan bahan bakar briket batubara, maka efisiensi tungku akan rendah. Untuk meningkatkan efisiensi tungku, maka rancangan tungku perlu dimodifikasi. Secara prinsip perbe-

daan tungku biomasa dengan tungku briket batubara sebagai berikut:

- a) Pada pembakaran biomasa, bahan bakar dapat menghasilkan lidah api. Lidah api akan bersentuhan dengan objek yang dipanaskan, sedangkan pembakaran briket batubara menghasilkan bara api yang panasnya dikhantarkan ke objek melalui radiasi dan konveksi. Panas yang sampai ke objek secara radiasi lebih dominan daripada panas secara konveksi. Oleh karena itu, agar efisiensi tungku tinggi, maka panas radiasi tersebut harus dapat difokuskan kepada objek dan jarak permukaan bara briket batubara harus sedekat mungkin.
- b) Gas buang hasil pembakaran briket batubara lebih berbahaya dari gas buang briket biomasa, karena gas buang briket batubara menghasilkan gas SO_x dan NO_x dan zat lainnya yang berbahaya untuk kesehatan manusia (Baukal, 2004). Oleh karena itu pada tungku briket batubara mutlak diperlukan cerobong asap.

Dalam pengembangan tungku briket batubara perlu menemukan metode pematian bara api apabila bara api tidak digunakan lagi, sedangkan bahan bakar masih banyak. Hal ini ditujukan agar pemakaian briket batubara lebih efektif. Secara umum pematian api tungku biomasa dan briket batubara dengan cara disiram dengan air atau dibiarkan sampai briket habis terbakar. Cara ini tidak efektif. Perbaikan pematian api tungku batubara dapat dilakukan dengan cara memutus suplai oksigen di ruang pembakaran, sehingga oksigen di ruang pembakaran habis dan pembakaran berhenti.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahan pembuatan tungku, karena berkaitan dengan pindah panas yang terjadi pada tungku. Makin besar panas hilang keluar tungku, maka semakin rendah efisiensi tungku tersebut. Panas hilang keluar tungku dapat melalui dinding tungku dan terbawa udara keluar melalui lubang asap. Rancangan tungku yang baik akan meningkatkan mutu tungku.

Jenis tungku briket batubara tradisional yang sudah banyak beredar di pasaran saat ini terbuat dari bahan tembikar (tanah liat) dengan efisiensi antara 31-33 % (Bella, 2003). Tungku ini tidak dilengkapi dengan cerobong asap, sehingga gas hasil pembakaran terutama gas karbonmonoksida dapat mencemari dapur dan terhirup oleh manusia.

Kelemahan lain briket batubara yang digunakan sebagai bahan bakar tungku adalah lamanya pembakaran awal. Pembakaran awal briket batubara lebih lama dari bahan bakar padat lainnya, seperti kayu, dan arang. Untuk meningkatkan kelancaran pembakaran pada umumnya dilakukan dengan cara memberikan pemanasan awal atau penyulut. Bahan penyulut yang sering dipakai adalah potong-potongan kayu atau sebagian briket dicelupkan kedalam minyak tanah. Proses penyulutnya dimulai dengan menyusun satu lapisan briket di

atas anglo, kemudian ditambahkan bahan penyulut secukupnya dan dibakar. Setelah membara ditambahkan briket secukupnya. Agar bara briket lebih cepat menyebar disarankan suatu tambahan mekanisme untuk mengalirkan udara selama 10-15 menit setelah penyalaan awal.

Pematian bara api briket pada tungku diperlukan untuk meningkatkan efektivitas pemakaian briket. Prinsip pematian api secara sederhana dikembangkan berdasarkan metode pematian lilin yang ditutup dengan gelas terbalik. Api lilin akan padam karena gas oksigen di dalam gelas habis. Prinsip ini dapat dikembangkan untuk proses pematian api pada tungku biomasa atau tungku briket batubara.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret sampai Agustus 2009. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Pasca Panen dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.

Penelitian dilakukan dalam empat tahap yaitu pembuatan tungku briket batubara, pengukuran suhu dasar panci selama pembakaran briket batubara, pengujian efisiensi dan pengujian lama pematian bara api.

Pembuatan Alat

Tahap pertama pembuatan tungku didasarkan pada jumlah briket batubara yang digunakan untuk rumah tangga sebesar 1,5-2,5 kg. Kemudian dicari tungku anglo yang terbuat dari tanah liat dengan kapasitas 2 kg sebagai dasar landasan ruang pembakaran. Diameter luar tungku anglo bagian atas sebesar 28 cm. Diameter panci ukuran sedang sebesar 22 cm. Agar efisiensi dapat ditingkatkan maka jarak permukaan tumpukan briket batubara dengan objek (dasar panci) 2-3 cm dan memfokuskan radiasi bara api briket batubara ke objek. Plat besi berbentuk kerucut terpancung dengan diameter bawah 28 cm dan diameter atas 20 cm dibuat untuk memfokuskan radiasi bara api seperti pada Gambar 3a. Anglo yang telah berisi briket batubara dimasukkan kedalam ruangan berbentuk kerucut tersebut.

Peningkatan efisiensi juga dilakukan dengan cara memanfaatkan panas asap atau gas buang untuk memanaskan panci II melalui saluran asap. Lubang tempat kedudukan panci II sebesar 19 cm. Kedudukan panci II dibuat lebih tinggi 6 cm dari panci I agar asap dapat mengalir dengan lancar. Sejauh 3 cm dari kedudukan panci II dibuat cerobong asap dari pipa besi dengan ukuran 5,1 cm yang berguna untuk menyalurkan asap keluar dapur. Tinggi cerobong yang ada pada Gambar 3b adalah 60 cm dan cerobong dapat disambung sampai ketinggian 4 m dengan bambu atau pipa besi. Disamping itu sambungan antara anglo dengan plat besi, antara

lubang tungku dengan panci I dan panci II diharapkan tidak bocor atau dilewati asap/udara. Kondisi ini akan memudahkan untuk mematikan bara api briket batubara dengan cara menutup lubang cerobong. Dengan demikian prototipe alat ini diharapkan mempunyai kemampuan untuk meningkatkan efisiensi, dapat mematikan bara api dengan lebih mudah dan mampu menyalurkan asap keluar dari dapur dengan menggunakan cerobong asap. Prototipe tungku briket batubara yang dibuat seperti pada Gambar 1 dan 2.

Pengujian Kinerja Alat

Pengukuran suhu dasar panci. Salah satu kinerja tungku ditunjukkan dari perubahan suhu dasar panci selama pembakaran briket batubara. Percobaan dilakukan dengan menggunakan tiga variasi berat briket batubara yaitu 1,5, 2,0 dan 2,5 kg. Tiga puluh persen dari briket tersebut direndam dalam minyak tanah selama 10 menit, kemudian diletakkan di atas anglo. Anglo disambungkan dengan plat besi berbentuk kerucut untuk membentuk ruang pembakaran. Briket disulut dengan api. Setelah briket menyala, panci I dan panci II diletakkan ditempatnya. Suhu dasar panci I dan panci II tanpa beban diukur dengan menggunakan termokopel sampai bara briket padam.

Pengukuran efisiensi. Pengukuran efisiensi dilakukan dengan cara memanaskan dan menguapkan air didalam panci. Panci I diisi air sebanyak 4 kg saat membakar briket 1,5 kg dan 5 kg saat membakar briket 2,0 dan 2,5 kg. Panci II diisi air sebanyak 4 kg. Pemanasan dan penguapan air dilakukan sampai bara briket padam. Sisa air yang ada didalam panci kemudian ditimbang. Jumlah air yang menguap merupakan selisih antara massa air awal dengan massa air setelah penguapan. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara seperti berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{M_{wo} c_{pw} (T_b - T_o) + M_u H_{fg}}{M_b H_{fb} + M_{mt} H_{ft}}$$

Keterangan:

M_{wo} = massa air awal (kg)	M_u = massa air menguap (kg)
c_{pw} = panas spesifik air (J/kg.°C)	M_b = massa batubara awal (kg)
T_b = suhu air mendidih (°C)	T_o = Suhu awal air (°C)
M_{mt} = massa minyak tanah (kg)	H_{fb} = nilai panas briket batubara (J/kg)
H_{ft} = nilai panas minyak tanah (J/kg)	H_{fg} = Panas laten air (J/kg °C)

Nilai kalori briket batubara yang dikarbonisasi sebesar 24,4 MJ/kg dengan ukuran briket 2,5 x 3,0 x 2,5 cm³ dengan berat 15 – 20 gram (Siritherasas dkk., 2003). Nilai energi minyak tanah sebesar 41,5 MJ/liter, panas jenis air 4,17 kJ/kg.K dan panas laten air pada suhu 100 °C sebesar 2257 kJ/kg.

Pengukuran lama bara api padam. Pematian bara api briket batubara pada alat ini dengan cara menutup cerobong.

Melalui cara ini diharapkan udara panas tanpa oksigen tertahan didalam ruang pembakaran, saluran asap dan cerobong, dan udara luar (oksigen) tidak dapat masuk kedalam ruang pembakaran.

Pematian bara api diamati secara bertahap. Pertama setelah 16 menit lubang cerobong ditutup, diambil 3 buah bara briket sebagai sampel secara acak dari ruang pembakaran, kemudian bara tersebut diletakkan di luar ruang pembakaran. Selanjutnya diamati perkembangan pembakaran bara briket tersebut. Apabila bara briket tersebut berkembang, maka bara tersebut belum mati. Sedangkan apabila bara briket tidak berkembang lagi, maka bara tersebut sudah mati. Percobaan selanjutnya dilakukan setelah 19 menit cerobong ditutup dan seterusnya dengan interval 3 menit sampai bara briket mati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Prototipe Tungku Briket Batubara

Prototipe tungku briket batubara yang telah dibuat dan diuji dapat dilihat pada Gambar 3b. Komponen utama dari tungku briket batubara sebagai berikut.

Cerobong asap. Cerobong asap berfungsi untuk menyalurkan asap keluar dari dapur, agar asap tidak memasuki ruangan dapur. Tinggi cerobong asap 60 cm dan dapat disambung setinggi 4 m dengan pipa atau dengan bambu.

Tempat pemasakan II. Tempat pemasakan II mendapat energi panas dari asap hasil pembakaran briket batubara. Suhu asap mencapai 200 – 250 °C. Kedudukan tempat pemasakan II lebih tinggi 6 cm dari tempat pemasakan I agar aliran asap lebih lancar.

Isolator panas. Dinding tempat pemasakan dilapisi dengan tanah yang berfungsi sebagai isolator untuk mengurangi kehilangan energi panas ke lingkungan.

Tempat pemasakan I. Tempat pemasakan I terletak di atas bara api briket batubara sehingga suhu dasar panci cukup tinggi. Tempat pemasakan I mendapat panas dominan secara radiasi daripada secara konveksi. Karena hantaran panas dominan secara radiasi, maka jarak antara dasar panci dengan permukaan bara api briket batu bara dibuat sedekat mungkin, yakni sebesar 2 - 3 cm.

Kerangka tungku. Kerangka tungku berfungsi untuk menyangga tungku dan cerobong agar kedudukan tungku tetap stabil.

Anglo. Berfungsi sebagai tempat meletakkan briket batubara. Kapasitas briket 1,5 - 2,5 kg. Diameter luar anglo 28 cm. Anglo dijadikan dasar ruang pembakaran.

Dudukan anglo. Dudukan anglo yaitu suatu bahan dari kayu yang dapat menyangga anglo, agar posisi anglo dengan diameter kerucut bagian bawah mendapat tekanan, sehingga jarak anglo dengan diameter kerucut bagian bawah lebih rapat, sehingga asap tidak dapat keluar.

Pintu udara masuk. Pintu udara masuk berfungsi sebagai tempat udara masuk ke dalam ruang pembakaran.

Uji Penampilan Tungku Briket Batubara

Secara umum tungku rumah tangga digunakan untuk memasak, seperti misalnya merebus air dan menggoreng bahan makanan. Memasak air sampai mendidih pada suhu ruang adalah 100 °C, sedangkan suhu minyak yang digunakan untuk menggoreng makanan secara direndam (*deep frying*) adalah 160-190 °C (Rossell, 2001). Dengan demikian suatu tungku dianggap layak digunakan untuk memasak di dapur bila dapat memanaskan minyak goreng sampai suhu 160-190 °C. Berdasarkan data diatas, maka tungku harus mendapat suhu dasar panci lebih tinggi dari 160 °C. Pada penelitian ini diambil suhu dasar panci 180 °C sebagai suhu minimal yang harus dicapai agar tungku dapat digunakan untuk memanaskan minyak untuk menggoreng.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu dasar panci lebih besar dari 180 °C dicapai pada 35-65 menit setelah penyalaan briket batubara. Lama waktu penyalaan sangat tergantung jumlah minyak tanah yang terserap oleh briket sebagai bahan bakar pemicu pembakaran awal briket.

Suhu maksimum pada dasar panci dapat mencapai 430 °C dengan massa briket 2,5 kg (Gambar 4). Semakin rendah massa briket yang dibakar, maka semakin rendah suhu maksimum yang dihasilkan. Suhu maksimum merupakan suatu indikator bahwa semua briket yang ada dalam ruangan pembakaran membara.

Suhu dasar pada panci lebih besar dari 180 °C pada tungku ini berlangsung lebih kurang selama 4 jam. Sedangkan waktu memasak di dapur pada umumnya kurang dari 2 jam. Dengan demikian akan ditemukan bara api briket masih menyala tapi tidak dimanfaatkan. Agar bara api briket ini dapat dimanfaatkan, maka bara api briket ini harus dimatikan, dan dinyalakan lagi apabila diperlukan.

Efisiensi tungku merupakan salah satu indikator kinerja tungku. Rancang tungku yang mengurangi kehilangan panas atau dapat mengantarkan panas ke objek semaksimal mungkin merupakan rancangan tungku yang baik. Penelitian ini menghasilkan efisiensi tungku maksimum adalah 25,5 % dengan menggunakan briket batubara karbonisasi. Sedangkan menggunakan briket batubara non-karbonisasi efisiensi maksimum diperoleh 20,8 % (Tabel 1). Penggunaan briket karbonisasi menghasilkan efisiensi lebih tinggi dari penggunaan briket non-karbonisasi, karena briket karbonisasi telah mengalami proses

karbonisasi yang dapat menghasilkan energi panas lebih tinggi. Edward dkk. (2004) menguji tungku briket batubara dari logam yang dilengkapi dengan cerobong yang dikembangkan di negara China menghasilkan efisiensi 26%. Efisiensi tungku briket batubara tradisional 15-20 %. Dengan demikian efisiensi tungku briket batubara yang dikembangkan lebih tinggi dari tungku tradisional dan hampir sama dengan efisiensi tungku yang dikembangkan oleh Edward dkk. (2004).

Ada kecenderungan perbandingan ratio massa udara dengan massa briket di ruangan pembakaran mempengaruhi efisiensi tungku. Ruang pembakaran menggunakan anglo dengan kapasitas 2 kg (28 buah briket). Apabila diisi dengan 2,5 kg (35 buah briket) maka ruang pembakaran penuh dengan briket, sedangkan diisi dengan 1,5 kg (21 buah briket) maka ruang pembakaran lebih banyak udara. Data Tabel 2. menunjukkan bahwa efisiensi rata-rata tertinggi untuk briket non-karbonisasi 19,5 % dengan massa briket 2 kg. Hal ini disebabkan ratio massa udara dengan massa briket adalah optimal. Pembakaran briket 1,5 kg maka ratio massa udara dengan massa briket dalam ruang pembakaran lebih besar, sehingga laju pembakaran rata-rata lebih cepat (Gambar 4). Diperkirakan energi lebih banyak terbuang untuk memanaskan udara. Sedangkan udara panas akan mengalir lewat cerobong. Pada pembakaran 2,5 kg briket maka ratio massa udara dengan massa briket lebih sedikit, sehingga laju rata-rata pembakaran lebih lambat atau waktu pembakaran lebih lama. Dengan demikian diperkirakan energi hilang ke udara relatif lebih banyak, karena lamanya waktu pembakaran. Ratio massa udara dengan massa briket optimal akan menghasilkan efisiensi maksimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bara api dapat mati apabila cerobong asap ditutup. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pematian bara api briket batubara cukup lama yaitu 19 – 33 menit setelah cerobong ditutup. Diduga ada dua hal yang menyebabkan bara api akan mati masih sangat lama yaitu; a) ada kebocoran sedikit antara dasar panci dengan landasan lubang pemasakan. Kebocoran ini dapat dilihat dari keluarnya asap antara dasar panci dengan landasan lubang pemasakan. Kebocoran ini merupakan suatu indikator bahwa masih adanya gas oksigen masuk ke ruang pembakaran, dan b) bara api briket batubara sebagian ada di dalam briket yang dibungkus oleh abu sisa pembakaran. Setelah oksigen di ruang pembakaran habis, bara api briket akan tetap menyala beberapa saat, karena energi hasil pembakaran dari oksigen sebelum habis, yang berada bagian dalam briket, terhalang keluar oleh abu. Abu ini bersifat isolator yang menghambat energi panas keluar. Bara api akan padam apabila sebagian besar energi panas telah keluar dari briket. Hal ini demikian menunjukkan bahwa pembakaran di bagian dalam bahan bakar padat (briket) akan lama mati, walaupun oksigen di lingkungannya sudah habis.

KESIMPULAN

Telah dihasilkan prototipe tungku briket batubara dengan dua tempat pemasakan dan dilengkapi dengan cerobong asap untuk menyalurkan asap keluar dapur. Efisiensi tungku maksimum diperoleh 25,5% dengan menggunakan briket batubara karbonisasi dan efisiensi tertinggi 19,5% dengan menggunakan briket non-karbonisasi dan waktu tunggu untuk mencapai suhu dasar panci lebih besar dari 180 °C adalah 35 - 65 menit. Suhu maksimum dasar panci yang diperoleh adalah 430 °C. Lama pematian bara api dengan cara menutup cerobong asap sebesar 19 – 33 menit dengan bahan bakar 1,5 – 2,5 kg.

SARAN

1. Untuk lebih mengoptimalkan kinerja tungku, maka perlu dikaji dan dicari bahan bakar pemicu briket batubara yang mudah terbakar atau mencampur sebagian briket batubara dengan biomasa yang mudah terbakar
2. Perlu dikaji mekanisme atau metode yang dapat mencegah kebocoran antara dasar panci dengan landasan lobang pemasakan agar waktu pematian bara briket batubara dapat lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2003). Renewable Energy Technology in Asia: A Regional Research and Dissemination Program http://www.reein.org/biomass/gasification/gasifierstove/gasifier_stove_manual.pdf [26 Januari 2010]
- Bella, L. (2003). Briket Batu Bara: Makin Dikenal, Makin Disayang. <http://www.tekmira.esdm.go.id>. [15 Juni 2009]
- Buakal, C.E. (2004). *Industrial Combustion Pollution and Control*, Marcel Dekker Inc. New York.
- Departmen Energi dan Sumber Daya Mineral. (2009). Pengembangan Energi Alternatif dalam rangka Program Diversifikasi Energi. http://www.setneg.go.id/index.php?Itemid=29&id=3171&option=com_content&task=view. [1 Februari 2010]
- Edwards, R. D., Smith, K. R., Zhang, J. dan Ma, Y. (2004). *Implications of changes in household stoves and fuel use in China*. *Energy Policy* **32**: 395-411.
- Menad, N., Tayibi, H., Carcedo, F. G. dan Hernandez, A. (2006). Minimization methods for emissions generated

from sister strands: : A review. *Journal Cleaner Production* **14**: 740-747.

Raiyani, C.V., Shah, S. H., Desai, N. M., Venkaiah, K., Patel, J.S., Parikh, D.J. dan Kashya, S.K. (1993). Characterization and problems of indoor pollution due to cooking stove smoke. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics* **27**: 1643-1655

Rossel, J.P. (2001). *Frying Improving Quality*. Woodheat Publishing Limited. Cambridge, England

Siritherasas, P., Yensanore, K. dan Osuwan, S. (2003). Characterization of specially- designed cooking stove capable of carbonizing pulverized coal during cooking. *Thammasat International Journal of Science and Technology* **8**: 57-67.