

## **PEMAKAIAN BRIKET BATUBARA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF UNTUK PROSES PEMBAKARAN GERABAH DI KASONGAN**

Muhammad Zaki Nura

*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*

### **Abstract**

*Earthenware industry is one of the leading sectors in Kasongan and a main source of livelihood for population. A range of product marketing for earthenware industry has been wide, not only in domestic markets, but also in overseas market. Even most earthenware productions in Kasongan have been exported to various countries. In production process, craftsmen generally still use simple technology, i.e. earthenware firing process is done in traditional furnace and fired using the firing woods.*

*This study is to try to substitute firing woods by coal bricket. It is expected that the use of coal bricket can increase the technical and economic values of the earthenware industry. In addition, the use of coal bricket can reduce the use of firing woods, so supporting the conservation of natural environment. The study was conducted through three firing processes: first, completely using firing woods (100%), second, a combination of coal bricket (60 kg) - firing woods (33%), and third, a combination of coal bricket (40 kg) - firing woods (50%).*

*Result of the study shows that the use of combination of coal bricket (60 kg) - firing woods (231 kg, 33%) can increase earthenware firing temperature in furnace until 1008.2°C, heat efficiency of 14.8%, and the saving of firing woods until 61.78%. Combination of coal bricket (40 kg) - firing woods (346.5 kg, 50%) will give the best economic value of 'Return of Investment' (ROI) = 171%. The Benefit-Cost Ratio (BCR) was 0.71 and the lowest production cost per kg of products was 2.132 kg for each firing process. From the result of the study, it can be known that coal bricket has technical and economic potentials of substituting firing woods in the earthenware firing process.*

**Kata kunci :** *Earthenware, Firing, Coal Bricket.*

### **Abstrak**

*Industri gerabah merupakan salah satu sektor industri utama di Kasongan dan sudah menjadi sumber mata pencaharian utama dari penduduk. Pemasaran hasil industri gerabah ini sudah sangat luas tidak hanya didalam negeri tetapi juga sudah merambah pasar luar negeri. Bahkan sebagian besar hasil produksi gerabah Kasongan ini sudah diekspor ke berbagai negara. Dalam proses produksinya para pengrajin umumnya masih menggunakan teknologi yang sangat sederhana dimana proses pembakaran gerabah dilakukan di dalam tungku tradisional dan dibakar dengan menggunakan bahan bakar kayu bakar.*

*Pada penelitian ini akan dicoba untuk melakukan substitusi bahan bakar alternatif briket batubara. Sehingga diharapkan penggunaan bahan bakar briket batubara ini dapat meningkatkan nilai teknis dan ekonomis dari industri gerabah. Selain itu penggunaan briket batubara ini diharapkan dapat mengurangi pemakaian kayu bakar yang kalau tidak dicegah sangat berpotensi untuk merusak kelestarian di lingkungan alam. Penelitian dilakukan dengan cara 3 (tiga) kali proses pembakaran gerabah yaitu pertama dengan menggunakan bahan bakar kayu penuh (100%). Kedua kombinasi bahan bakar briket batubara 60 kg dengan bahan bakar kayu 33% dan yang ketiga kombinasi bahan bakar briket batubara 40 kg dengan bahan bakar kayu 50%.*

*Dari hasil penelitian didapat bahwa penggunaan kombinasi bahan bakar briket batubara 60 kg dan kayu bakar 231 kg (33%) dapat meningkatkan temperatur pembakaran gerabah di dalam*

tungku hingga mencapai  $1008,2^{\circ}\text{C}$ , efisiensi panas 13,8% dan penghematan harga bahan bakar kayu hingga mencapai 61,78%. Pada kombinasi bahan bakar briket batubara 40 kg dan kayu bakar 346,5 kg (50%) akan memberikan nilai ekonomi paling baik yaitu Return of Investment (ROI) = 171%. Benefit Cost Ratio 0,71 dan biaya produksi per kilogram produk yang paling rendah yaitu Rp 2.132/kg untuk setiap kali proses pembakaran. Dari hasil penelitian tersebut diatas terlihat bahwa bahan bakar briket batubara berpotensi secara teknis dan ekonomis untuk menggantikan kayu bakar pada proses pembakaran gerabah.

**Kata kunci :** gerabah, pembakaran, briket batubara.

## I. PENDAHULUAN

Produk-produk gerabah dan teknologinya sudah dikenal secara luas di Indonesia. Dengan teknologi yang sederhana dan dikerjakan dengan tangan, kemudian dikeringkan, dibakar pada tungku tradisional, sudah mampu menghasilkan produk gerabah yang laku terjual di pasar. Pada saat ini untuk proses pembakaran gerabah di Kasongan masih menggunakan bahan bakar dari kayu bakar yang saat ini ketersediaannya sudah menipis dan jika dipaksakan sangat berpotensi merusak kelestarian lingkungan alam. Selain itu kayu mempunyai nilai kalori yang rendah sehingga pembakaran gerabah di dalam tungku tidak bisa mencapai suhu proses sintering yang berakibat pada kualitas produk gerabah menjadi kurang padat dan kurang kuat. Untuk itu perlu dicari penggunaan bahan bakar alternatif untuk proses pembakaran gerabah di Kasongan.

Penggunaan briket batubara sebagai energi alternatif diharapkan dapat menghemat penggunaan kayu sebagai hasil utama dari hutan, selain itu juga bisa menggunakan produksi Briket Batubara yang banyak diproduksi oleh masyarakat atau oleh industri kecil dan menengah. Bahan bakar briket batubara ini mempunyai sifat yang dapat diandalkan untuk menggantikan kayu bakar seperti menghasilkan nyala api dan bara selama kurun waktu tertentu, energi yang dapat diukur serta membebaskan gas buang sisa pembakaran berupa sedikit asap dan abu. Tetapi ada sedikit kelemahan pada briket batu bara yaitu sulit untuk dinyalakan serta kandungan belerangnya sangat tinggi. Sehingga briket batubara sangat berpotensi untuk menggantikan kayu bakar pada proses pembakaran gerabah di Kasongan Kabupaten Bantul.

Pada penelitian ini akan dicoba untuk menggunakan bahan bakar briket batubara pada proses pembakaran gerabah di Kasongan yang menggunakan tungku tradisional yang terbuat dari batubata yang berbentuk bak segi empat terbuka. Pada penelitian ini akan diukur perubahan temperatur yang terjadi di dalam tungku akibat penggunaan briket batubara sebagai bahan bakar alternatif, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut apakah panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar batubara ini mampu membakar gerabah dengan baik sehingga kelak dapat menggantikan pemakaian kayu bakar yang selama ini dilakukan oleh industri kecil dan pengrajin gerabah khususnya di Kasongan

## Tinjauan Pustaka

Gerabah adalah suatu produk yang berasal dari bahan tanah liat (clay) yang dengan proses pembakaran akan dihasilkan berbagai jenis produk seperti batubata merah (brick), genteng, ubin dan berbagai benda-benda seni yang bernilai tinggi (art ceramic).

Kualitas produk gerabah terutama dipengaruhi oleh jenis bahan baku, ukuran butir dan kondisi pembentukannya (Grim, 1951). Pengaruh bahan baku ditentukan oleh komposisi senyawa yang terkandung didalamnya, misalnya senyawa kalsium, senyawa aluminium dan senyawa silikat memberikan sifat plastis jika ditambah air dan menjadi keras jika dikeringkan. Pemberian tekanan pada proses pembentukan dapat menimbulkan perubahan kondisi fisik bahan gerabah. Semakin besar tekanan pembentukan maka jarak antar partikel

semakin rapat, sehingga gaya tarik kohesi semakin besar. Dengan demikian packing yang semakin rapat dapat meningkatkan bulk density (Kingery, 1978).

Secara umum proses pembakaran gerabah berada antara 700oC sampai 2000oC tergantung komposisi bahan dan kematangan hasil yang diinginkan (Clews, 1969). Massa gerabah selama pembakaran akan mengalami perubahan sampai diperoleh produk gerabah yang diinginkan. Perubahan ini cenderung menuju ke bentuk massa yang lebih kompak serta ikatan yang lebih kuat, sehingga lebih sukar patah bila dibandingkan dengan massa sebelum dibakar.

Kekuatan gerabah akan meningkat setelah dibakar sampai suhu tertentu. Kekuatan setelah pembakaran ini dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Keadaan dan tekstur gerabah
2. Kadar air dalam bahan baku lempung
3. Cara pembentukan
4. Tekanan pembentukan
5. Lama pembakaran
6. Temperatur pembakaran

Selama pembakaran bahan gerabah akan mengalami bermacam-macam perubahan komposisi sampai didapat suhu vitrifikasinya. Perubahan ini akan mempengaruhi kekuatan bahan gerabah. Kekuatan akan meningkat antara suhu 550oC sampai 750oC, karena pada suhu ini air hidrat akan terlepas dari senyawanya. Bersamaan dengan pelepasan air hidrat ini akan terjadi penyusutan sehingga butiran satu dengan yang lainnya semakin rapat, maka bodi gerabah akan semakin kompak. Pada suhu 750oC sampai 800oC sebagian silica akan melebur sehingga semakin memperkuat ikatan antar butiran. Pada suhu di atas 900oC akan terjadi proses vitrifikasi (Sutton, 1956).

Umumnya tahapan proses perubahan selama pembakaran adalah sebagai berikut:

1. Tahap awal adalah tahap pengeringan lapisan air pada permukaan. Tahap ini terjadi permulaan pembakaran sampai sekitar 150°C, pada tahap ini kandungan air bebas dalam massa gerabah akan menguap.
2. Pada suhu 200°C impurities mulai terbakar.
3. Antara suhu 350°C sampai 600°C terjadi pemecahan air kristal yang disebabkan oleh oksidasi pembakaran.
4. Suhu 500°C sampai 700°C garam karbonat akan terpecah  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{CaO}$  dan  $\text{CO}_2$ . bila terdapat uap air maka  $\text{CaO}$  bereaksi menjadi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  disertai pengembangan volume.
5. Suhu 750°C sampai 960°C terjadi reaksi pembentukan mullite,  $3\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  (Milheiro et al, 2005).
6. Diatas suhu 1050oC terbentuk kristal kristo balite  $\text{SiO}_2$  ([www.wikipedia.or.id](http://www.wikipedia.or.id))

Selama proses pembakaran akan terjadi penyusutan berat gerabah yang besarnya tergantung proses proses pembentukan dan kerapatan massa waktu pembentukannya (Kingery, 1958).

Proses pembuatan gerabah yang dilakukan oleh pengrajin gerabah di Kasongan umumnya dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Proses persiapan bahan baku
 

Bahan baku untuk pembuatan gerabah adalah tanah lempung atau clay yang berasal dari Godean dan Bangunjiwo. Pengrajin umumnya membeli tanah lempung yang sudah siap untuk dicetak.
2. Proses pencetakan gerabah
 

Bahan baku tanah lempung yang dicetak ditekan-tekan dan diratakan sehingga berbentuk lembaran dengan tebal kurang lebih 2 cm. Selanjutnya lembaran ini dimasukkan ke dalam cetakan (mold) sesuai dengan model gerabah yang akan dibuat. Kemudian bagian cetakan ini direkatkan satu dengan lainnya hingga menjadi suatu produk gerabah yang utuh.
3. Proses pengeringan

Produk gerabah ini selanjutnya dikeringkan di udara terbuka di dalam ruangan selama 4 hari. Proses pengeringan ini tidak dijemur di bawah sinar matahari secara langsung.

4. Proses pembakaran

Gerabah yang sudah kering dan siap dibakar selanjutnya disusun di dalam ruangan tungku pembakaran secara hati-hati. Setelah semua gerabah disusun di dalam tungku maka pada bagian atas gerabah ditutupi dengan genteng merah dan seng, sedangkan bagian samping ditutup dengan tumpukan batu bata merah. Proses pembakaran dilakukan 2 (dua) tahap yaitu pembakaran awal atau preheating dan pembakaran akhir atau pemasakan. Pembakaran awal dilakukan dengan api kecil dimana bahan bakar dibakar di luar ruang bakar selama 3-5 jam. Pembakaran akhir dilakukan dengan api besar selama 2-3 jam, dimana bahan bakar sudah dimasukkan ke dalam ruang bakar di bawah tungku. Setelah proses pembakaran selesai maka gerabah dibiarkan mendingin secara alami di dalam tungku.

5. Proses finishing

Setelah tungku dan gerabah dingin dilakukan proses pembongkaran dan pengeluaran gerabah dari dalam tungku. Selanjutnya gerabah yang sudah dibakar ini siap untuk di proses finishing seperti penghalusan dengan amplas, pengecatan dasar dan pengecatan motif dan pewarnaan.

Pada proses pembakaran perlu dilakukan pembakaran awal dengan api kecil dengan tujuan untuk menguapkan air yang terdapat di permukaan gerabah. Apabila gerabah dibakar langsung dengan api yang besar maka kandungan air hidroksil pada lempung akan lepas. Lepasnya kandungan air hidroksil akan diikuti perubahan volume yang signifikan sehingga dapat mengakibatkan gerabah mengalami cracking atau retak.

## II. METODE PENELITIAN

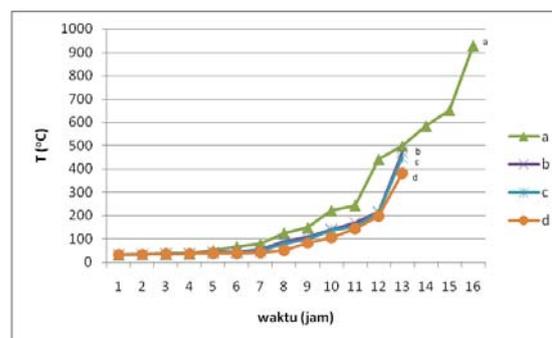
Metode penelitian pada penelitian ini adalah studi kasus pada sentra industri

gerabah di Kasongan Yogyakarta, yaitu dengan cara melakukan substitusi bahan bakar kayu dengan bahan bakar briket batubara. Kemudian melakukan pengukuran temperature didalam tungku pembakaran gerabah dengan menggunakan thermocouple temperature 1200°C

## III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran temperatur yang dilakukan selama tiga kali pengukuran maka dapat dibuat suatu kurva yang menunjukkan waktu pengukuran terhadap distribusi temperatur pada 4 (empat) titik pengukuran yang dilakukan secara acak. Pada penelitian ini akan dibuat kurva hubungan waktu dan temperature pada masing-masing data pengukuran terhadap 4 (empat) titik pengukuran, dan kurva hubungan waktu dan temperature pada setiap posisi titik pengukuran.

Distribusi suhu sebagai fungsi waktu di beberapa titik pengukuran di dalam tungku dengan menggunakan kayu bakar dapat dilihat pada gambar berikut ini:

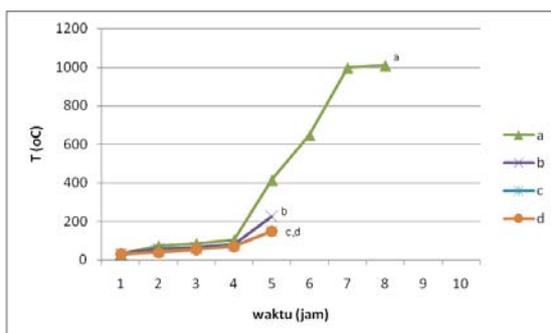


Gambar.1 Kurva distribusi temperatur pada masing-masing titik dengan bahan bakar kayu

Dari kurva pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa proses pembakaran dengan bahan bakar kayu (100%) memerlukan waktu yang lama yaitu mencapai ± 15 jam, hal ini di karenakan produk gerabah yang di bakar masih dalam kondisi basah sehingga proses pemanasan awal atau preheating dengan

api kecil di lakukan selama  $\pm 12$  jam. Pada proses pembakaran 12 jam pertama terlihat kenaikan suhu sangat lambat, baru setelah itu terjadi peningkatan suhu yang sangat cepat hingga mencapai  $927,6^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu gerabah mencapai  $200^{\circ}\text{C}$  pada saat itu terjadi proses pelepasan air dari permukaan gerabah. Setelah 2 jam berikutnya terjadi peningkatan temperatur dari  $200^{\circ}\text{C}$  menjadi  $600^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan yang lebih tinggi dimana pada temperatur tersebut terjadi pelepasan air terikat (Chemically bonded water) dalam gerabah. Proses pembakaran gerabah ini mampu mencapai suhu  $927,6^{\circ}\text{C}$  yang berarti suhu vitrifikasi tercapai, dimana lempung berubah menjadi liquid glass dan terbentuknya mullite yang mempunyai sifat yang lebih padat, lebih kuat, dan lebih durable. Pencapaian suhu di atas  $900^{\circ}\text{C}$  sudah mampu menghasilkan gerabah dengan kualitas tinggi, tipis, dan kuat.

Distribusi suhu sebagai fungsi waktu di beberapa titik pengukuran di dalam tungku dengan menggunakan briket batu bara + kayu (33%) dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar.2 Kurva distribusi temperatur pada masing-masing titik bahan bakar briket + kayu

Dari kurva pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pada penggunaan briket batubara 60 kg dan bahan bakar kayu 231 kg (33%) dari total konsumsi kayu tanpa briket, terjadi proses percepatan pembakaran gerabah menjadi 7 jam. Bila dibandingkan dengan kayu bakar

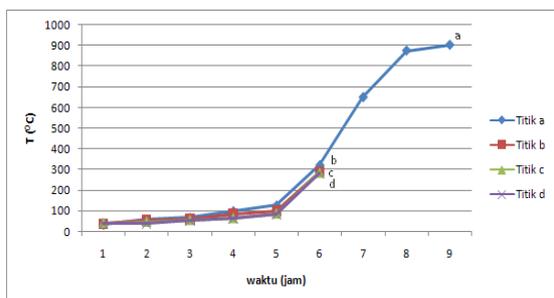
(100%) pembakaran dengan briket + kayu berlangsung lebih cepat. Dimana proses preheating untuk pelepasan air pada permukaan (temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  -  $200^{\circ}\text{C}$ ) berlangsung selama 5 jam. Pada proses pelepasan air terikat pada temperatur  $200^{\circ}\text{C}$  -  $600^{\circ}\text{C}$  hanya berlangsung 1 jam, selanjutnya terjadi peningkatan suhu dengan cepat sampai temperatur  $1008,2^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Jadi proses pembakaran gerabah dengan kombinasi bahan bakar briket+kayu (33%) ini sudah mampu melampaui suhu vitrifikasi  $900^{\circ}\text{C}$ . Sehingga lempung melebur menjadi liquid glass yang menghasilkan struktur mulite yang bersifat lebih kuat, lebih padat, dan lebih durable.

Pada uji coba pembakaran gerabah dengan bahan bakar briket batubara ini selain menimbulkan panas pembakaran yang tinggi tetapi juga menimbulkan efek pada produk gerabah yang dibakar yaitu terjadinya perubahan warna gerabah dari warna merah terang menjadi warna coklat kehitaman. Efek lain yang terjadi yaitu kekerasan gerabah cukup tinggi berdasarkan indikasi suara yang nyaring bila gerabah diketuk-ketuk dengan jari tangan. Efek warna hitam terjadi akibat adanya unburned karbon yang berasal dari batu bara yang tidak terbakar. Sedangkan semua bagian gerabah yang terekspos dengan suhu tinggi tidak terjadi perubahan warna hitam.

Dari kurva pada gambar 4.4 adalah kurva yang terjadi pada proses pembakaran gerabah dengan briket batubara 40 kg dan kayu bakar 346,5 kg (50%) dari total konsumsi kayu tanpa briket. Proses pembakaran berlangsung relatif cepat 7,5 jam dimana proses Preheating untuk pelepasan air pada permukaan (temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  -  $200^{\circ}\text{C}$ ) berlangsung selama 4,5 jam. Proses pelepasan air terikat pada temperatur  $200^{\circ}\text{C}$  -  $200^{\circ}\text{C}$  berlangsung selama 1,5 jam selanjutnya terjadi

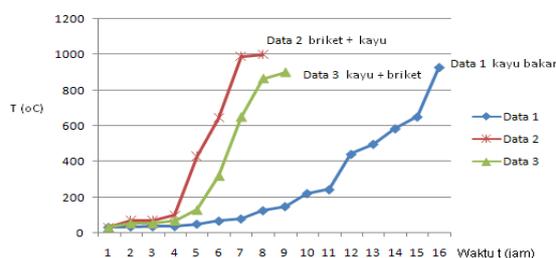
peningkatan temperatur sehingga mencapai temperatur akhir 902,7°C selama 1,5 jam. Proses pembakaran gerabah dengan kombinasi bahan bakar briket+kayu ini juga mampu mencapai suhu vitrifikasi 900°C dalam waktu yang juga cepat bila dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar kayu 100%. Proses ini juga menghasilkan gerabah yang berkualitas yang baik yaitu dengan terbentuknya struktur mulitte yang bersifat labih pada, lebih kuat, dan lebih durabel.

Distribusi suhu sebagai fungsi waktu di beberapa titik pengukuran di dalam tungku dengan menggunakan briket batu bara + kayu (50%) dapat dilihat pada gambar berikut ini:



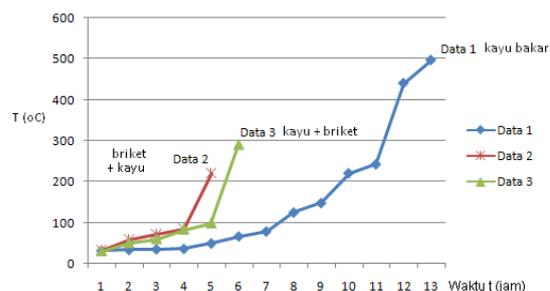
Gambar.3 Kurva distribusi temperatur pada masing-masing titik dengan bahan bakar briket + kayu

Perbandingan distribusi suhu di titik A (di bagian tengah atas tungku lihat gambar 3.2)



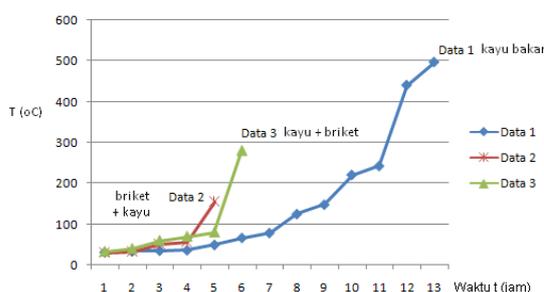
Gambar.4 Kurva distribusi temperatur pada titik a

Dari gambar di atas terlihat waktu pembakaran lebih singkat, bahan bakar briket kenaikan suhunya lebih cepat dan gerabah yang dihasilkan lebih baik (tidak retak)



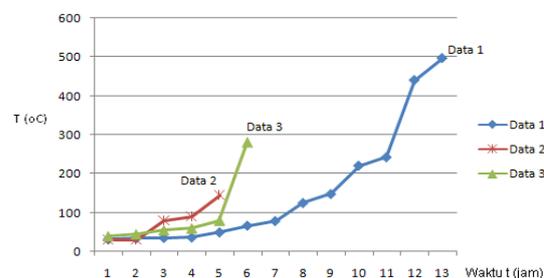
Gambar.5 Kurva distribusi temperatur b

a. Pada posisi titik c



Gambar.6 Kurva distribusi temperatur titik c

b. Pada posisi titik d (dekat dinding tungku bagian dalam)



Gambar.7 Kurva distribusi temperatur pada titik d

Dari gambar 4.5, gambar 4.6, gambar 4.7 dan gambar 4.8 di atas terlihat bahwa semua titik pengukuran a, b, c, dan d yang menggunakan bahan bakar briket batubara akan memberikan waktu pemanasan yang lebih cepat bila dibandingkan dengan yang menggunakan bahan bakar kayu. Penggunaan bahan bakar briket 60kg + kayu 231kg (33%) memberikan waktu pembakaran yang paling cepat (shorter burning time) yaitu 7 jam. Dengan bahan bakar briket 40kg + kayu 346,5kg (50%) dengan waktu 7,5 jam dan penggunaan bahan bakar

kayu 693kg (100%) memberikan waktu yang paling lama yaitu 15 jam. Jadi kalau di lihat kombinasi bahan bakar yang di gunakan pada penelitian ini terlihat bahwa semakin banyak penggunaan bahan bakar briket batubara akan mempercepat proses pembakaran. Selain itu juga mampu meningkatkan suhu pembakaran sehingga mencapai 1008,2°C. Jadi penggunaan bahan bakar briket batubara ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk gerabah yang dihasilkan dan meningkatkan nilai ekonomi dari industri gerabah. Dari gambar 4.5 juga terlihat bahwa setelah proses pre heating selama kurang lebih 4 jam pada penggunaan bahan bakar briket batu bara terjadi peningkatan suhu dapur dengan cepat. Hal ini terjadi karena pada saat tersebut dilakukan

penambahan bahan bakar kayu maupun briket batu bara dalam jumlah yang besar. Sehingga terjadi peningkatan suhu dapur dengan cepat hingga tercapai suhu vitrifikasi dari gerabah. Bila suhu vitrifikasi sudah tercapai yaitu kurang lebih 900°C. Dalam hal ini diamati secara visual melalui perubahan warna dari gerabah maka proses pembakaran gerabah segera dihentikan dengan cara mematikan api pada ruang bakar dengan menggunakan semprotan air sehingga proses pembakaran selesai.

### Analisis Energi Panas pada Pembakaran Gerabah

Dari hasil pengukuran selama proses pembakaran gerabah didapat data-data sebagai berikut.

Tabel.1 Data data hasil pengukuran

No.	Jenis data	Data 1 Kayu Bakar	Data 2 Briket + Kayu	Data 3 Briket + Kayu
1.	Massa kayu bakar	693 kg (100%)	231 kg (33%)	346,5 kg (50%)
2.	Massa briket batubara	-	60 kg	40 kg
3.	Massa total gerabah awal	572 kg	549 kg	576 kg
4.	Massa total gerabah akhir	486,5 kg	458 kg	521 kg
5.	Massa air teruapkan	85,5 kg	91 kg	55 kg
6.	Suhu awal pembakaran	31,2 °C	30,6 °C	38,2 °C
7.	Suhu maksimum pembakaran	927,6 °C	1008,2 °C	902,7 °C
8.	Waktu pembakaran	15 jam	7 jam	7,5 jam

Tabel.2 Data-data untuk perhitungan energi panas

No.	Jenis data	Satuan	Nilai
1.	Nilai kalor kayu bakar	cal/ g	2300
2.	Nilai kalor briket batubara	cal/ g	5012
3.	Kadar air kayu bakar	%	11
4.	Kadar air briket batubara	%	12,49
5.	Suhu air menguap	°C	100
6.	Entalpi penguapan air	kcal/ kg	540
7.	Kapasitas panas air	kcal/ kg°C	1
8.	Kapasitas panas gerabah basis kering	kcal/ kg°C	0,2
9.	Densitas batu bata	g/cm <sup>3</sup>	1,84

Tabel.3 Hasil perhitungan energi panas pada proses pembakaran gerabah

No.	Jenis Energi Panas	Simbol	Satuan	Data 1	Data 2	Data 3
1.	Energi untuk menaikkan suhu gerabah selama proses pengeringan	$Q_1$	kcal	102.548,16	107.241,66	100.085,76
2.	Energi untuk menaikkan suhu air yang terkandung dalam gerabah	$Q_2$	kcal	5.882,4	6.233,5	3.635,5
3.	Energi untuk menguapkan air yang terkandung dalam gerabah	$Q_3$	kcal	46.170	49.140	29.700
4.	Total energy untuk pembakaran gerabah	$Q_T$	kcal	154.600,56	162.615,16	133.421,26
5.	Energi yang dihasilkan oleh bahan bakar	$Q_b$	kcal	1.593.900	832.020	997.430
6.	Energi panas terbuang	$Q_{\text{out}}$	kcal	1.439.351,84	669.404,84	864.008,74
7.	Efisiensi Energi Panas	Eff	%	9,7	19,54	13,37
8.	Energi panas yang diserap dinding	$Q_d$	kcal	215.170	73.036	148.041
9.	Persentase panas yang diserap dinding	$Q_d$	%	13,5	8,78	14,84

Dari hasil perhitungan energi panas yang terjadi pada proses pembakaran gerabah di Kasongan, dapat dilihat pada tabel 4.4 diatas bahwa efisiensi energi panas pada pembakaran gerabah dengan tungku tradisional masih sangat rendah yaitu 9,7% untuk bahan bakar kayu dan untuk kombinasi bahan bakar briket dan kayu efisiensi panas bisa mencapai

13,37% dan 19,54%. Hal ini berarti energi panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar sebagian besar terbuang percuma ke lingkungan. Dilihat dari konstruksi tungku maka panas yang hilang ke lingkungan adalah pada bagian atas tungku yang terbuka secara konveksi dan juga dari tempat pemasukan bahan

bakar dibawah tungku secara radiasi dan konveksi.

Dari perhitungan energi panas untuk ketiga data penelitian diatas dapat dilihat adanya peningkatan efisiensi energi panas pada penggunaan bahan bakar alternatif briket batubara untuk proses pembakaran gerabah. Semakin besar prosentase pemakaian briket batubara seperti pada data 2 dengan kombinasi 60 kg briket dan 231 kg (33%) kayu dapat meningkatkan efisiensi pembakaran secara signifikan yaitu dari 9,7% (100% kayu) menjadi 13,37% dan 19,54% (briket + kayu). Kehilangan panas yang terjadi pada proses pembakaran gerabah di Kasongan sebagian besar hilang dibawa oleh gas buang (exhaust gas) dan panas yang hilang ke lingkungan karena proses radiasi di ruang bakar yang terbuka serta karena proses konveksi dari dinding tungku.

Secara umum dari perhitungan efisiensi panas pembakaran gerabah pada tungku tradisional terlihat bahwa penggunaan bahan bakar yang sangat tidak efisien, dimana konsumsi bahan bakar sangat banyak yaitu 1.593.900 kcal untuk kayu dan 832.020 kcal dan 997.430 kcal untuk bahan bakar briket + kayu. Sedangkan energi panas yang diperlukan oleh gerabah hanya 154600 kcal (9,7%) untuk kayu dan 133421 kcal (13,37%) serta 162615 kcal (19,54%) untuk bahan bakar briket + kayu.

Menurut laporan dari Mahatma Gandhi Institute of Rural Industrialization bahwa efisiensi energi panas pada tungku tradisional di India juga sangat rendah yaitu berkisar 4% sampai 7%, sebagian besar energi panas dari bahan bakar diserap oleh lantai tungku, dinding tungku, flue gas, kayu yang basah dan sebagian lainnya hilang ke lingkungan. Pada tungku di Kasongan panas yang diserap oleh dinding tungku berkisar antara 73036 kcal (8,78%) dan

148041 kcal (14,84%) untuk bahan bakar briket + kayu, 215170 kcal (13,5%) untuk bahan bakar kayu.

Jadi dapat disimpulkan bila dilakukan modifikasi terhadap disain tungku pembakaran maka bahan bakar briket batubara sangat berpotensi untuk menggantikan kayu bakar dalam proses pembakaran gerabah di Kasongan dan juga berpotensi untuk meningkatkan efisiensi pembakaran

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian penggunaan briket batubara sebagai bahan bakar alternatif untuk proses pembakaran gerabah ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Substitusi penggunaan kombinasi bahan bakar briket batu bara dan kayu bakar ternyata mampu meningkatkan suhu pembakaran gerabah hingga mencapai 1.008,2 °C dan juga dapat mempercepat laju kenaikan suhu pembakaran.
2. Efisiensi panas pembakaran pada tungku tradisional masih sangat rendah yaitu 19,54% pada pemakaian kombinasi bahan bakar briket batu bara dan kayu bakar. Sebagian besar energi pembakaran bahan bakar terbuang percuma ke lingkungan seperti pada bagian atas tungku yang terbuka secara konveksi dan juga pada tempat pemasukan bahan bakar di bawah tungku secara konveksi dan radiasi.
3. Secara ekonomi substitusi bahan bakar briket batu bara dan kayu memberikan nilai ekonomi yang lebih yaitu dengan turunnya biaya produksi per kilogram produk dari Rp. 2.879,6/kg menjadi Rp. 2.460,2/kg, dan juga terjadi penghematan biaya bahan bakar untuk setiap kali proses pembakaran sebesar 61,78% dibandingkan dengan menggunakan kayu bakar secara penuh 100%.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrews, A.I, 1928, "Ceramic Test and Calculation," John Willey and Sons, Inc., New York.
- [2] Clews, F.N., 1964, "Heavy Clays Technology", 2nd ed., Academic Press, London.
- [3] Grims, R.E, and John, J.R., 1951, "Reaction Accompanying The Firing of Brik", Jour. Am. Ceram. Soc., 34.
- [4] Holman, J.P., 1981, "Heat Transfer", 5th ed, McGraw Hill Company Singapore.
- [5] Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw Hill Company Singapore.
- [6] Kingery, W.D., 1960, "Ceramic Fabrication Process", John Willey and Sons, Inc., New York.
- [7] Kuncoro, H dan Damanik, L., 2007, "Kompor Briket Batubara", Penebar Swadaya, Jakarta.
- [8] Kurniawan, O dan Marsono., 2008, Superkarbon, bahan bakar alternative pengganti minyak tanah dan gas, Penebar Swadaya, Jakarta.
- [9] Milheiro, F.A.C., Frere, M.N., Silva, A.G.P., Holanda, J.N.F., 2005, "Desification Behaviour of a Red Firing Brazilian Kalinitic Clay," Ceramic International 31, 757-763.
- [10] Richerson, D.W., 1982, "Modern Ceramic Engineering", Marrel Dekker, Inc., New York
- [11] Sukandarrumadi, 2006, "Batubara dan Pemanfaatannya", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.