

OPTIMASI DESAIN SISTEM TERMAL PADA RUANG BAKAR TUNGKU PENGECORAN KUNINGAN MENGGUNAKAN BRIKET BATUBARA KALORI RENDAH

Oleh :
Diah Kusuma Pratiwi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Kampus Indralaya, Jalan Palembang-Prabumulih Km 32 Indralaya-Ogan Ilir
pratiwi.diahkusuma@yahoo.com

ABSTRACT

Fuel price increases of oil and gas currently causing most of the small metal casting industries can not survive. Therefore, the design and development of foundry furnace fuel briquettes using low grade coal which is much cheaper than fuel oil and gas conducted. However, this furnace was only able to produce maximum combustion chamber temperatures 600 ° C and unable to cast aluminum which has melting temperature 659 ° C and 750 ° C for its pouring temperature. After design optimization by applying the principles of heat loss management then the furnace can even melt the brass which has 1200 ° C of pouring temperature.

Keywords: metal casting furnaces, low calorie coal briquettes, heat loss management, brass

1. Pendahuluan

Cadangan minyak yang terkandung didalam bumi Indonesia semakin menipis dan ini berpengaruh terhadap harga minyak bumi saat ini. Akibatnya harga bahan bakar minyak dan gas semakin mahal. Hal ini berdampak negatif terhadap berbagai sektor, termasuk juga sector industri manufaktur dan industri kecil pengecoran logam.

Selama ini industri kecil pengecoran logam menggunakan minyak tanah dan solar sebagai bahan bakar. Kenaikan harga bahan bakar minyak menyebabkan biaya operasi dan produksi semakin tinggi. Proses produksi pengecoran hanya dapat dilaksanakan bila ada pesanan dan tidak dapat dilakukan secara kontinyu. Akibatnya jumlah pegawai terpaksa dikurangi. Hal ini menyebabkan kenaikan angka pengangguran. Secara makro, kenaikan angka pengangguran ini akan menyebabkan kenaikan angka kriminalitas yang akan berpengaruh terhadap kestabilan keamanan dan sosial masyarakat. Oleh karena itu di perlukan jenis bahan bakar lain yang lebih murah yang dapat menggantikan minyak tanah dan solar sebagai sumber energi untuk pengecoran logam.

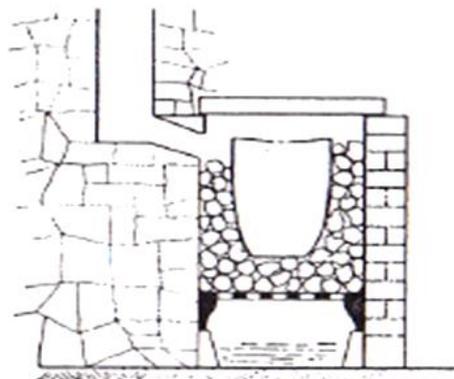
Pada saat ini terdapat dua macam jenis briket batubara non karbonisasi yang umum dijual, yaitu : jenis telur dan sarang tawon. Kedua jenis ini berasal dari bahan yang sama namun bentuk cetaknya berbeda. Pada penggunaan untuk temperatur pembakaran yang relatif rendah, misalnya untuk pengering dan pemanas ruangan untuk peternakan ayam, biasanya digunakan jenis sarang tawon. Sedangkan untuk temperatur yang lebih tinggi digunakan jenis telur. Hal ini karena bentuk kedua jenis

briket ini mempengaruhi sirkulasi udara yang dapat terjadi didalam ruang bakar. Pada jenis telur, lebih banyak udara yang dapat masuk disela-sela briket dan dapat menyentuh permukaan briket bila dibandingkan menggunakan jenis sarang tawon, sehingga temperatur pembakaran yang dapat dicapai bisa lebih tinggi.

Penelitian yang telah dilakukan oleh *Pratiwi, DK. et.al, 2008* [1], menunjukkan bahwa penggunaan briket batubara non karbonisasi ternyata potensial untuk dijadikan sumber energi untuk melebur logam-logam non ferro. Pada penelitian udara yang bertemperatur 50 °C dialirkan kedalam ruang bakar yang berisi briket batubara non karbonisasi jenis telur. Logam yang dilebur adalah aluminium skrap. Lama waktu yang dibutuhkan dari saat memasukan skrap sampai dengan penuangan hanya 1 jam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan juga sebagai penelitian lanjutan, dimana tungku akan digunakan untuk melebur kuningan.

Secara alamiah, sebagaimana dijelaskan pada *Pratiwi, DK., et.al, 2009* [2], briket batubara non karbonisasi adalah bahan bakar yang sulit dinyalakan dan menghasilkan temperatur pembakaran yang rendah, yaitu hanya sekitar 900 °C sehingga tidak dapat dipakai untuk melebur logam yang temperatur cairnya sekitar 1000 °C. Agar briket ini dapat digunakan untuk menjadi bahan bakar tungku peleburan logam, maka diperlukan tungku yang dirancang secara khusus agar briket batubara non karbonisasi mampu mencapai temperatur pembakaran yang lebih tinggi dari 1000 °C sehingga dapat digunakan untuk melebur kuningan yang temperatur leburnya sekitar 1085 °C dan temperatur tuangnya 1185 °C.

Menurut *Gilchrist, J.D., 1977* [3] secara umum terdapat dua model tungku pengecoran yang menggunakan bahan bakar padat dari batubara sebagai mana ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini.



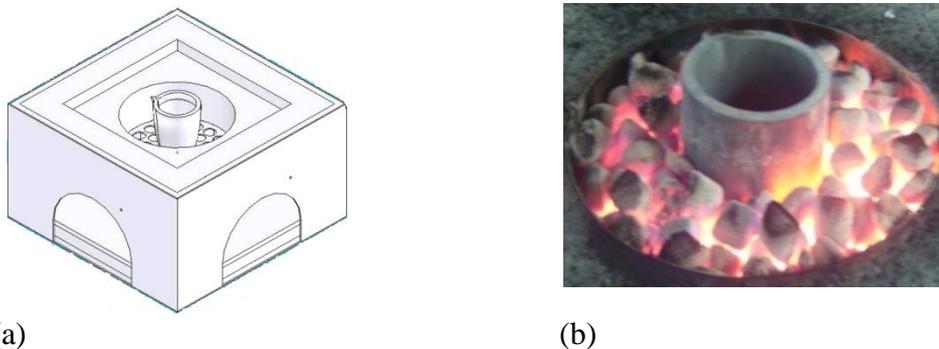
Gambar 1. Tungku pengecoran krus berbahan bakar batubara atau kokas menggunakan pembakaran natural draft

Pada pembakaran natural draft, udara masuk kedalam ruang bakar karena tarikan alam. Akibatnya aliran udara yang masuk kedalam ruang bakar akan berlangsung lambat, dan jumlah oksigen yang terlibat dalam ruang bakar sedikit. Sedangkan pada pembakaran dengan menggunakan udara yang didorong oleh blower, akan menyebabkan aliran udara yang dapat masuk ruang bakar lebih banyak sehingga jumlah oksigen yang masuk kedalam ruang bakar lebih banyak, *Pratiwi, DK., et.al, 2009* [2]. Namun desain dan metode pembakaran yang tepat agar tungku dapat melebur logam kuningan belum diketahui.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui desain tungku dan metode pembakaran briket batubara yang tepat agar mampu melebur logam hingga temperature 1200 °C.

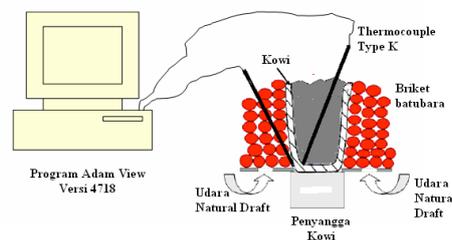
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan kajian pustaka terhadap text book, jurnal, dan media elektronik tentang peleburan kuningan, karakteristik pembakaran briket, desain dan optimasi tungku pengecoran logam, dan hal-hal lain yang berhubungan. Selanjutnya melakukan eksperimen pembakaran briket batubara non karbonisasi untuk mempelajari temperatur maksimum rata-rata yang dapat dicapai dan lama proses pembakaran dapat berlangsung dengan cara pembakaran natural draft dan udara bertekanan. Hasil dari eksperimen ini di dapatkan data T vs t yang dapat digunakan untuk acuan tentang sifat pembakaran briket batubara non karbonisasi sebagai bahan bakar dalam mendesain tungku pengecoran kuningan.



Gambar 2. Tungku pengecoran kuningan (a) sketsa tungku (b) ruang bakar

Kajian eksperimental dilakukan untuk pembakaran *natural draft* dan pembakaran gabungan antara udara berkecepatan atau bertekanan dari blower dan udara *natural draft* dari udara ambien pada prototype tungku pengecoran kuningan menggunakan bahan bakar briket batubara non karbonisasi. Perubahan temperatur diukur dengan menggunakan thermokopel type K yang dipasang pada dinding bagian dalam dan pada dinding bagian luar kowi seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Metode eksperimen

Perubahan temperatur yang diukur oleh thermocouple dibaca dengan menggunakan program ADAM VIEW versi 4718. Aliran udara baik secara *natural draft* maupun udara bertekanan yang berasal dari blower yang masuk dari lubang di bagian bawah tungku, kecepatan aliran udara diukur dengan menggunakan *Hot Wire Anemometer*.

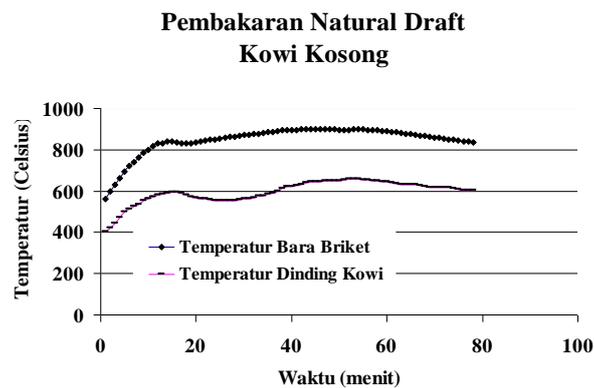
Selanjutnya dilakukan kajian termal dan kinerja tungku untuk mengetahui rugi-rugi kalor dan efisiensi tungku bila ruang bakar dan kowi dibuka dan ditutup. Hal ini bertujuan agar dapat dilakukan pengendalian terhadap rugi-rugi kalor selanjutnya atau

losses management terhadap tungku dan rugi-rugi kalor dapat ditekan hingga sekecil mungkin. Sehingga dapat dilakukan optimasi dengan cara melakukan modifikasi terhadap tungku.

Tungku yang telah dioptimasi selanjutnya diuji kembali untuk mengetahui peningkatan kinerja dan effisiensinya, serta kemampuannya sebagai tungku pengecoran kuningan yang dapat beroperasi hingga temperatur 1200 °C.

3. Analisa Data dan Pembahasan

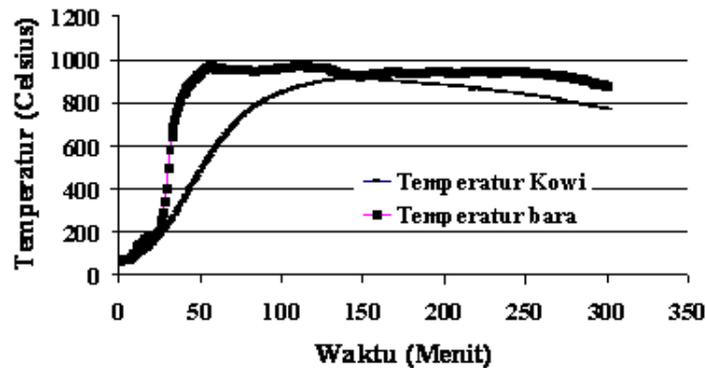
Hasil pengujian pembakaran secara natural draft ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini untuk kondisi kowi kosong.



Gambar 4. Kurva Temperatur vs waktu untuk pengujian pembakaran briket secara *natural draft* dengan kowi dalam keadaan kosong

Pada gambar diatas tampak bahwa pada keadaan kowi kosong dan ruang bakar yang bagian atasnya dibuka, maka temperatur bara lebih tinggi dari pada temperatur dinding di permukaan bagian dalam kowi. Temperatur bara briket maksimum adalah 901°C dan temperatur permukaan dinding bagian dalam kowi maksimum adalah 657°C. Temperatur bara dan temperatur kowi mengalami kenaikan pada 15 menit pertama. Selanjutnya cenderung menurun, oleh karena itu dilakukan penambahan briket kedalam ruang bakar sehingga temperatur naik kembali dan hampir mendekati konstan selama 70 menit.

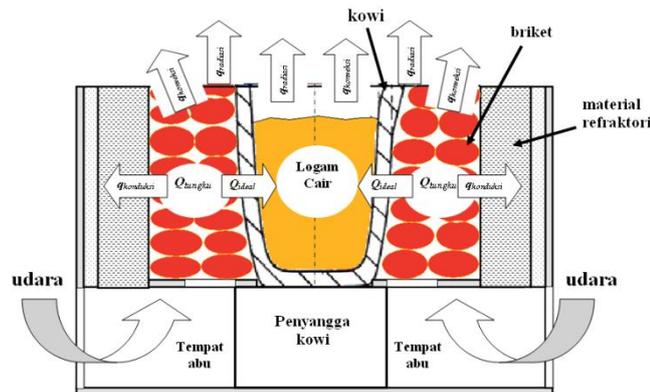
Pengujian dalam kondisi kowi ditutup dan ruang bakar terbuka ditampilkan pada Gambar 5 dimana ditunjukkan bahwa temperatur bara maksimum dan kowi maksimum hampir berhimpit. Pada pengujian ini, temperatur bara maksimum mencapai 970°C dan temperatur kowi mencapai 917°C dan kondisi ini stabil selama 6 jam di atas temperatur 600°C. Tampak bahwa temperatur kowi hampir berhimpit dengan temperatur bara maksimum. Selama proses pembakaran dilakukan beberapa kali penambahan briket kedalam ruang bakar yang menyebabkan penurunan temperatur antara 50 °C hingga 100 °C. Hal ini disebabkan karena briket yang masih dingin menyerap energy panas sebelum terbakar. Setelah briket terbakar, maka temperature kebalik naik.



Gambar 5. Pembakaran briket *natural draft* dengan kowi penuh berisi pasir

Perbedaan temperature yang besar pada saat pengujian dengan kowi terbuka dan tertutup amat berhubungan dengan rugi-rugi kalor yang terjadi.

Berdasarkan data yang telah ada, maka dilakukan analisa thermal pada proses yang berlangsung didalam tungku selama proses pembakaran berlangsung sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 6 berikut ini.

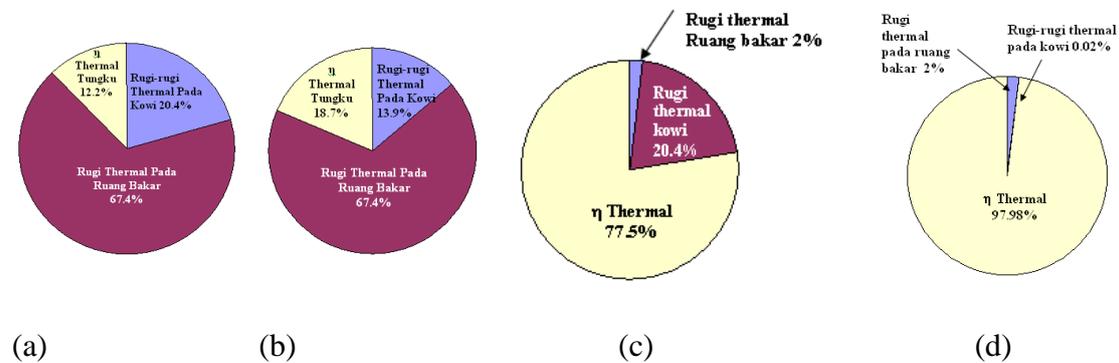


Gambar 6. Sketsa siklus thermal pada tungku pengecoran logam menggunakan bahan bakar briket

Kajian analitis dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi thermal pada kondisi ruang bakar ditutup dan dibuka yang dikombinasikan dengan kowi kosong dibuka atau ditutup. Hasil kajian analitis ditampilkan pada Gambar 7 berikut ini. Pada kondisi ruang bakar dibuka dan kowi kosong dibuka, kehilangan kalor pada kowi terjadi karena radiasi kearah atas tungku. Sedangkan kehilangan kalor akibat konveksi terjadi didalam kowi dan dibibir kowi karena pengaruh perbedaan temperatur yang besar antara permukaan kowi dengan udara disekitarnya. Hal ini mengakibatkan terjadi perbedaan kerapatan udara yang menyebabkan udara didalam kowi bergerak dan membawa kalor kelingkuangan. Sedangkan perpindahan kalor konduksi terjadi dari kowi ke penyangganya. Kehilangan kalor yang terjadi melalui kowi kosong sebanyak 20,4 % dari total kalor yang dilepaskan dari reaksi pembakaran briket didalam ruang bakar. Sedangkan kehilangan kalor pada ruang bakar yang terbuka adalah sebanyak 67,4%. Sehingga efisiensi thermal tungku hanya 12,2%. Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7 (a).

Pada kondisi ruang bakar dibuka dan kowi ditutup, kehilangan kalor akibat radiasi dan konveksi pada kowi hanya terjadi pada pinggir kowi bagian atas yang kontak dengan udara lingkungan. Didalam kowi tidak terjadi kehilangan kalor. Hal inilah

yang menyebabkan perbedaan temperatur yang kecil pada bagian dalam kowi dan temperatur bara briket yang terdapat diluar kowi. Kehilangan kalor yang terjadi pada kowi ini hanya 13,9%, sehingga efisiensi thermal naik dari 12,2% menjadi 18,7% seperti yang ditampilkan pada Gambar 7 (b).



Gambar 7. Efisiensi thermal bila (a) ruang bakar dibuka dan kowi dibuka (b) ruang bakar dibuka dan kowi ditutup (c) ruang bakar ditutup dan kowi kosong dibuka (d) ruang bakar ditutup dan kowi ditutup

Pada Gambar 7 (c) ditampilkan gambar bila ruang bakar ditutup, maka tidak terjadi kehilangan kalor akibat radiasi dan konveksi. Rugi-rugi thermal yang terjadi pada ruang bakar hanya 2 % dari kalor yang dilepaskan oleh reaksi pembakaran briket didalam ruang bakar. Kehilangan kalor 2 % ini terjadi pada bagian bawah ruang bakar. Oleh karena itu bila ruang bakar ditutup dan kowi kosong dibuka maka efisiensi thermal tungku mencapai 77,5% .

Bila ruang bakar ditutup dan kowi juga ditutup maka rugi-rugi kalor akibat lingkungan tidak terjadi. Pada Gambar 16 ditunjukkan bahwa rugi-rugi thermal yang terjadi pada kowi kosong ditutup sebesar 0,1% sedangkan pada Gambar 17 untuk kowi berisi pasir yang ditutup rugi-rugi thermalnya sebesar 0,02%. Hal ini terjadi karena pada kowi kosong masih ada sedikit kalor yang keluar lewat tutup kowi sedangkan pada kowi berisi pasir, aliran kalor telah ditahan lebih dahulu oleh pasir. Sehingga efisiensi thermal tungku naik sedikit dari 97,9% menjadi 97,98% seperti yang ditampilkan pada Gambar 7 (d) diatas.

Pada saat proses peleburan dimana tungku ditutup dan kowi berisi penuh dan ditutup, maka kalor yang dipindahkan kedalam kowi dapat mencapai 97,98 % dari kalor yang dihasilkan oleh reaksi pembakaran briket. Sedangkan pada saat kowi dibuka dan berisi penuh, misalnya pada saat proses penuangan, maka efisiensi thermal tungku turun menjadi 77,5–79,3%.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah ternyata bahwa kondisi ruang bakar dan kowi yang terbuka atau tertutup selama proses pembakaran dan peleburan logam berlangsung sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi thermal yang terjadi. Sehingga efisiensi thermal akan berubah tergantung pada kegiatan yang dilakukan oleh operator selama proses berlangsung.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratiwi, DK., Nugroho, YS., Koestoer, RA., Soemardi, TP., *Kajian Analitis Penggunaan Batubara Untuk Bahan Bakar Tungku Peleburan Logam*, Seminar Nasional – VI Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS - Bandung, 28 Januari 2008
- [2] Pratiwi, DK., Nugroho, YS., Koestoer, RA., Soemardi, TP., *Experimental Study of South Sumatra Low Rank Coal Briquette Flame Temperature, Fluid and Thermal Energy Conversion 2009*, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea, December 7-10, 2009.