

# RANCANG BANGUN TUNGKU PELEBURAN ALUMINIUM BERBAHAN BAKAR PADAT DENGAN SISTEM ALIRAN UDARA PAKSA

**Joko Winarno**

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta  
Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57 Yogyakarta 55231 Telp/Fax : (0274) 543676  
Email: [hjwinarno25@yahoo.com](mailto:hjwinarno25@yahoo.com)

## ABSTRACT

*This paper report the result of a performance study in solid fired furnace designed used for aluminium melting with forced air flow. Yhe experiment was used aluminum scrap as a raw material and coal briquette as a solid fuel. The performance evaluation of such furnace was carried out in order to determine efficiency of the furnace. Towards this objective, measurement was taken of quantity of solid fuel used for different melts and their corresponding melting time and temperature. The energy used was determined and the efficiency was calculated. The efficiency obtained for the furnace was 4.45%. This low efficiency obtained is as result of large energy wasted loss due to high air flow rate blowed to furnace by the blower.*

**Keywords :** *Furnace, Solid Fuel, Aluminum, efficiency*

## PENDAHULUAN

Dalam industri pengecoran aluminium skala rumah tangga hingga skala kecil umumnya menggunakan tungku yang dilengkapi dengan alat bakar (*burner*). Bahan bakar yang digunakan biasanya bahan bakar cair dan gas, dan jarang yang menggunakan bahan bakar padat seperti briket batubara, arang kayu, dan lain-lain. Hal ini karena penggunaan bahan bakar padat dirasakan kurang praktis dan memerlukan waktu peleburan yang relatif lama. Adapun bahan bakar cair yang umum digunakan adalah minyak tanah (*kerosene*). Namun semenjak Pemerintah melakukan kebijakan konversi energi yaitu dari minyak tanah ke gas LPG pada pertengahan 2007, banyak industri rumah tangga hingga industri kecil, termasuk industri pengecoran aluminium, yang selama ini menggunakan minyak tanah beralih ke bahan bakar alternatif yang harganya

lebih terjangkau. Hal ini karena harga minyak tanah non subsidi menjadi melambung tinggi sebagai akibat kebijakan konversi energi tersebut.

Bahan bakar alternatif yang banyak digunakan saat ini adalah oli bekas, karena bahan bakar oli bekas harganya lebih murah dan ketersediaannya cukup banyak (dapat diperoleh dengan mudah). Namun penggunaan oli bekas ini menimbulkan permasalahan baik dari sisi kesehatan maupun dari sisi lingkungan. Oli bekas ini dapat digolongkan ke dalam limbah yang berbahaya, apabila minyak pelumas bekas ini langsung dibuang akan mencemari lingkungan karena dalam minyak pelumas bekas terkandung kotoran-kotoran logam, aditif, sisa bahan bakar dan kotoran lainnya dan jika minyak pelumas bekas dibakar begitu saja tanpa ada perlakuan juga akan menimbulkan pencemaran lingkungan dan mengganggu kesehatan

karena bau dan sisa karbonnya. Oleh karena itu penggunaan oli bekas tersebut harus dihindari dan perlu dilakukan upaya diversifikasi energi dengan menggunakan bahan bakar alternatif lainnya yang lebih ramah lingkungan.

Saat ini berbagai upaya telah dilakukan untuk membantu para pengusaha industri pengecoran logam non-ferro khususnya aluminium, yakni dengan mengembangkan tungku atau dapur untuk peleburan. Pengembangan tungku umumnya dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja tungku sehingga efisiensi pembakarannya dapat ditingkatkan. Di samping itu, pengembangan tungku ini juga dimaksudkan untuk menurunkan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pembakaran bahan bakar di dalam tungku peleburan yang selama ini juga menjadi permasalahan yang dihadapi oleh para pengusaha industri pengecoran logam non-ferro. Dalam penelitian ini akan dikaji sebuah tungku berbahan bakar padat dengan sistem aliran udara paksa.

Beberapa tungku peleburan aluminium yang telah dikembangkan di antaranya tungku berbahan bakar gas yang dilaporkan oleh Sundari (2011). Tungku atau dapur yang dirancang adalah dapur *crucible* berbahan bakar gas LPG berbentuk silinder dengan diameter 220 mm dan tinggi 300 mm dengan kapasitas 30 kg. Dari hasil uji coba yang dilakukan diketahui bahwa untuk melebur *aluminium scrap* seberat 30 kg diperlukan waktu 1 jam 37 menit dan bahan bakar yang digunakan adalah 3,60 kg.

Magga (2010) mengembangkan analisis perancangan tungku peleburan logam non-ferro jenis *portable* berbahan bakar arang sebagai sarana pembelajaran. Tungku peleburan yang direncanakan berbentuk kotak dengan

diameter dalam berbentuk silinder dan cawang pelebur berbentuk silinder, dimensi tungku adalah 50 cm x 50 cm, diameter dalam silinder 30 cm. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa besarnya kalor yang digunakan untuk melebur 5 kg aluminium diperlukan kalor sebesar 3,030,600 J. Volume dari cawan pelebur yang diperlukan adalah 1,5 liter.

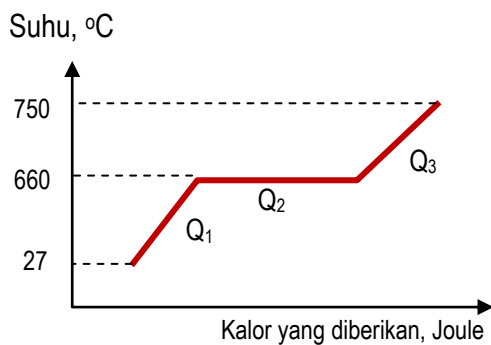
Ashgi (2009) juga telah melakukan rancang bangun tungku peleburan aluminium berbahan bakar minyak dengan sistem aliran udara paksa. Dapur peleburan yang dirancang dibuat dari tatanan bata tahan api yang dilekatkan dengan campuran semen dan pasir tahan api. Dapur lebur mempunyai tinggi 62 cm, diameter luar 57 cm dan, diameter dalam 31 cm. Dari hasil pengujiannya diketahui peleburan 4 kg aluminium menggunakan bahan bakar solar diperlukan 5,8 liter dengan waktu peleburan 50-55 menit, sedangkan dengan menggunakan oli bekas diperlukan 6 liter, dan memerlukan waktu peleburan 60-65 menit.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik. Berat jenis aluminium adalah  $2,643 \text{ kg/m}^3$  cukup ringan dibandingkan logam lain. Kekuatan aluminium yang berkisar 83 – 310 Mpa dapat melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas (Surdia dkk, 1994). Di pasaran Aluminium ditemukan dalam bentuk kawat *foil*, lembaran, pelat dan profil. Semua paduan aluminium ini dapat mampu dibentuk, dimesin, dilas atau dipatri.

Proses peleburan adalah proses pencairan bahan (besi cor) dengan jalan dipanaskan di dalam sebuah dapur peleburan, setelah bahan mencair kemudian dituang ke dalam cetakan (Arifin, 1976). Pada proses peleburan aluminium digunakan dapur jenis *crucible*. Dapur *crucible* adalah dapur

yang paling tua digunakan. Dapur ini konstruksinya paling sederhana dan menggunakan kedudukan tetap dimana pengambilan logam cair dilakukan dengan menggunakan ladle atau gayung. Dapur ini sangat fleksibel dan serbaguna untuk peleburan dengan skala kecil dan sedang. Dapur *Crucible* yang ada berbentuk pot yang terbuat dari lempung dicampur dengan pasir. Terdapat tiga macam *crucible* menurut jenis bahan bakar: gas, minyak dan kokas. Dapur *Crucible* dengan bahan bakar kokas jarang digunakan karena kurang efisien.

Jumlah panas/kalor yang diperlukan dalam peleburan aluminium dapat digambarkan sebagai berikut (Zemansky, 1994) :



Gambar 1. Tahapan Peleburan Aluminium

Kalor yang diperlukan dalam peleburan aluminium adalah :

$$Q_{\text{lebur}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = m \cdot (C_p \cdot \Delta T_1 + KL + C_p \Delta T_2) \quad (1)$$

Dengan,

$Q_1$  = kalor untuk menaikkan suhu kamar menjadi suhu cair aluminium

$Q_2$  = kalor untuk mencairkan aluminium

$Q_3$  = kalor untuk menaikkan suhu (aluminium dari 660 °C sampai 750 °C)

$m$  = massa benda (Kg)

$C_p$  = kalor jenis bahan (aluminium 8,8 x 10<sup>2</sup> J/Kg.K)

KL = kalor lebur aluminium

$\Delta T_1$  = perubahan suhu dari  $T_1$  ke  $T_2$

$\Delta T_2$  = perubahan suhu dari  $T_2$  ke  $T_3$

$T_1$  = suhu awal (°C)

$T_2$  = suhu akhir (°C)

Waktu yang diperlukan untuk melebur aluminium dapat dihitung dengan persamaan :

$$t = \frac{Q_{\text{lebur}}}{q_{\text{cawan}}} \quad (2)$$

Dengan,

$Q_{\text{lebur}}$  = kalor yang diperlukan untuk melebur aluminium

$q_{\text{cawan}}$  = laju aliran kalor yang diserap oleh cawan/kowi pelebur

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan persamaan (Culp dan Sitompul, 1976) :

$$m_{bb} = \frac{Q_{\text{lebur}} + Q_{\text{rugi-rugi}}}{HHV_{bb}}$$

Dengan,

$Q_{\text{rugi-rugi}}$  = rugi-rugi kalor

$HHV_{bb}$  = nilai pembakaran tinggi bahan bakar

## METODE PENELITIAN

### 1. Tempat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra.

### 2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blower, termometer digital yang telah dikalibrasi, tangki dan selang, bahan bakar, dan tungku peleburan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah briket batu bara, minyak tanah dan aluminium *scrap*.

### 3. Rancang Bangun Tungku Peleburan

Rancang bangun tungku peleburan meliputi langkah-langkah (1) membuat rancangan model konstruksi

tungku peleburan, (2) Menentukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam perancangan, (3) pengadaan alat dan bahan yang diperlukan untuk pembuatan tungku peleburan dan uji coba tungku, (4) fabrikasi tungku peleburan.

#### 4. Pengujian Tungku Peleburan

Pengujian tungku peleburan hasil rancangan dilakukan sebanyak dua kali pengujian dengan menggunakan aluminium *scrap* sebagai bahan yang akan dilebur dan batu bara sebagai bahan bakar. Adapun langkah-langkah dari pengujian tersebut sebagai berikut :

- a. Mula-mula bahan bakar berupa briket batubara yang akan digunakan ditimbang dan kemudian dimasukkan ke dalam tungku pembakaran setinggi  $\pm 15$  cm
- b. Kemudian penyangga kowi dipasang pada tempatnya dan sisa bahan bakar dimasukkan kembali di luar penyangga hingga ruang bakar tungku penuh.
- c. Dilakukan proses pembakaran briket batubara dengan bantuan sedikit minyak tanah guna mempermudah proses pembakaran awal batu bara.
- d. Setelah batu bara mulai terbakar, kowi (cawan) pelebur dimasukkan ke penyangga dan diisi dengan aluminium *scrap* yang sebelumnya sudah ditimbang.
- e. Blower dinyalakan untuk membantu proses pembakaran dan proses pengukuran temperatur aluminium *scrap* yang ada di dalam kowi pelebur mulai dilakukan dengan menggunakan termometer digital.
- f. Setelah aluminium melebur dan mencapai temperatur di atas  $700$  °C, kemudian dituang ke tempat yang telah disediakan.

- g. kemudian dilanjutkan pengujian yang kedua dengan prosedur yang sama pada pengujian yang pertama.
- h. Sisa bahan bakar ditimbang untuk analisa lebih lanjut.

#### 5. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menentukan (1) distribusi temperatur terhadap waktu dari aluminium yang dilebur, (2) waktu peleburan, (3) laju konsumsi bahan bakar, dan (4) efisiensi tungku peleburan.

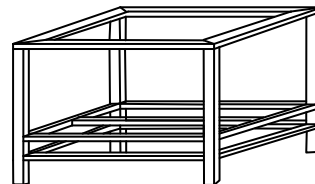
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil Rancangan Tungku Peleburan

Tungku peleburan hasil rancangan terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

##### a. Rangka

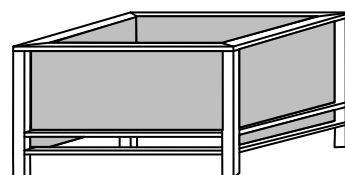
Rangka terbuat dari besi profil kotak ukuran  $40 \times 20$  mm, dengan dimensi  $P = 600$  mm,  $L = 600$  mm, dan  $t = 600$  mm. Rangka dirangkai dengan sambungan las.



Gambar 2. Rangka

##### b. Dinding dalam

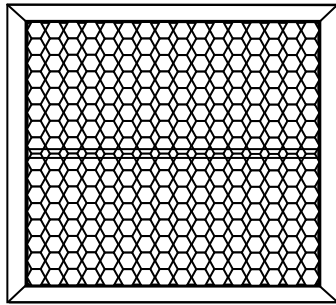
Dinding dalam menggunakan besi plat dengan tebal  $0.8$  mm yang dipasang mengelilingi sisi bagian dalam rangka. Dinding dipasang menyatu dengan rangka bagian dalam menggunakan las.



Gambar 3. Dinding dalam

**c. Penyangga Bahan Bakar**

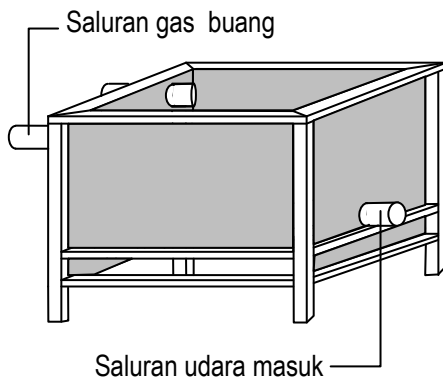
Penyangga bahan bakar terbuat dari plat baja berlubang, yang dipzang di bagian bawah yang berfungsi untuk menyangga bahan bakar dan berfungsi juga untuk menyaring abu sisa pembakaran.



Gambar 4. Penyangga bahan bakar

**d. Saluran Udara Dan Gas Buang**

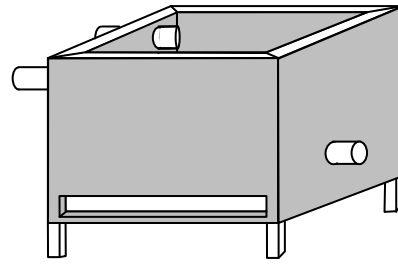
Saluran udara dan saluran gas buang terbuat dari pipa dengan diameter 3 inch, saluran udara dipasang di bagian bawah dan saluran gas buang dipasang di bagian atas dinding dapur.



Gambar 5. Saluran udara dan gas buang

**e. Dinding Luar**

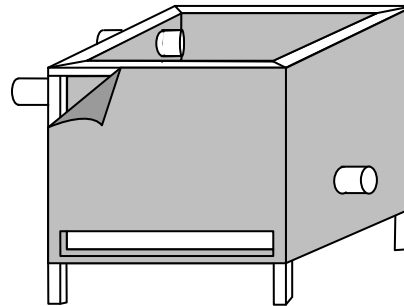
Dinding luar menggunakan palat seng 0.2 mm yang dipasang mengelilingi rangka bagian luar. Dinding bagian luar dipasang dengan menggunakan paku keling.



Gambar 6. Dinding bagian luar

**f. Isolator**

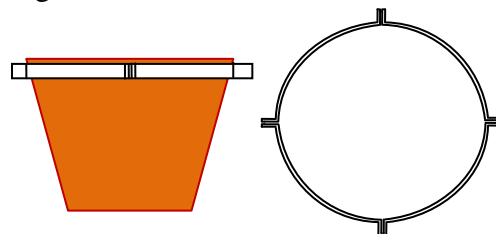
Isolator ditempatkan di antara dinding bagian dalam dan dinding bagian luar. Isolator yang digunakan adalah abu sisa pembakaran sekam.



Gambar 7. Isolator

**g. Pegangan Kowi**

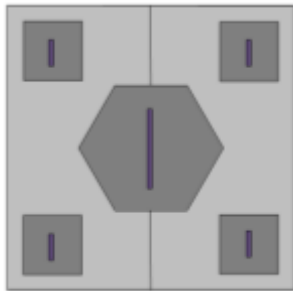
Pegangan kowi terbuat dari plat dengan tebal 5 mm dan lebar 20 mm. Pegangan kowi dibuat melingkar sesuai dengan lingkaran leher kowi, dan diikat dengan baut M 12 yang dibagi menjadi 4 bagian.



Gambar 8. Pegangan kowi

### h. Tutup

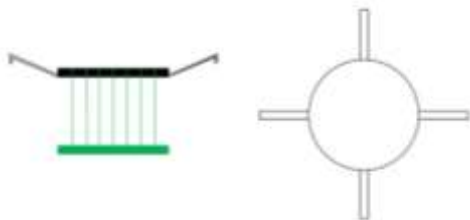
Tutup tungku terdiri dari rangka besi profil dengan dimensi 20 x 20 mm dengan panjang dan lebar rangka 600 mm. Rangka dirancang dengan 5 lubang yang biasa dibuka tutup, 4 lubang berfungsi untuk mengontrol bahan bakar dan 1 lubang bagian tengah untuk mengisi atau mengontrol material yang dilebur. Sisi rangka bagian bawah dilapisi plat besi ukuran 0.8 mm yang dilas menyatu dengan rangka dan sisi bagian atas dilapisi plat seng ukuran 0.2 mm yang dipasang menggunakan paku keeling. Tutup juga diberi isolator guna meredam panas.



Gambar 3.9 Tutup tungku

### i. Penyangga Kowi

Penyangga kowi dirancang dengan dimensi diameter 30 cm, dengan tinggi 20 cm menggunakan besi plat dengan tebal 5 mm dan lebar 20 mm. penyangga berfungsi untuk membatasi antara bahan bakar dan kowi.

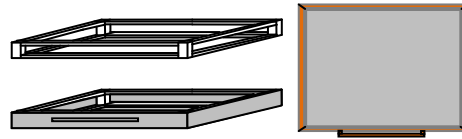


Gambar 10. Penyangga kowi

### j. Tempat Abu Pembakaran

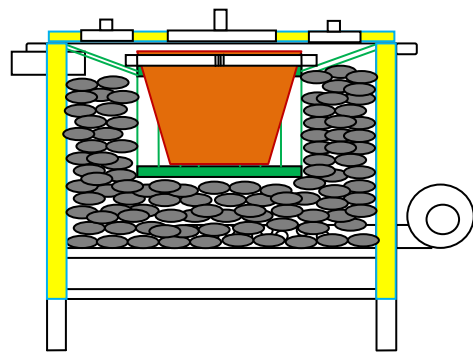
Tempat abu pembakaran terdiri dari rangka yang terbuat dari besi profil yang bagian bawah dan keempat sisi

bagian luarnya dilapisi plat seng 0.2 mm.



Gambar 11. Tempat sisa pembakaran

Tungku peleburan hasil rancangan yang telah dirakit dan diisi dengan bahan bakar dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 12. Hasil rancangan tungku peleburan



Gambar 13. Foto Dokumentasi hasil rancangan tungku peleburan

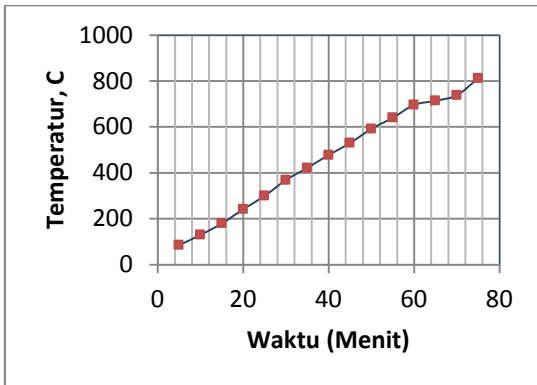
## 2. Hasil Pengujian Tungku Peleburan

Hasil pengujian tungku peleburan hasil rancangan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

### a. Pengujian Tahap I

Pada pengujian tahap I jumlah bahan bakar bakar (briket batu bara) yang disediakan untuk proses peleburan

adalah 15 kg. dan jumlah aluminium *scrap* yang dilebur adalah sebanyak 1,2 kg. Dari hasil pengukuran, diperoleh distribusi temperatur terhadap waktu pada proses peleburan aluminium tahap I seperti ditunjukkan oleh grafik berikut ini :

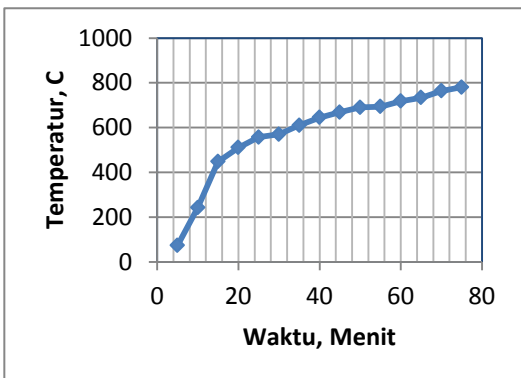


Gambar 12. Grafik distribusi temperatur pada proses peleburan aluminium tahap I

### b. Pengujian Tahap II

Jumlah bahan bakar bakar (briket batu bara) yang digunakan adalah sisa bahan bakar pada pengujian tahap I dan jumlah aluminium yang dilebur adalah 3,8 kg

Dari hasil pengukuran, diperoleh distribusi temperatur terhadap waktu pada proses peleburan aluminium tahap II dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 12. Grafik distribusi temperatur pada proses peleburan aluminium tahap II

Dari pelaksanaan pengujian tahap I dan tahap II, diperoleh data-data sebagai berikut :

- Total bahan (aluminium) yang dileburkan  $1,2 \text{ kg} + 3,8 \text{ kg} = 5 \text{ kg}$
- Sisa bahan bakar adalah 8,5 kg, sehingga jumlah bahan bakar yang digunakan 6,5 kg
- Pada pengujian tahap I aluminium melebur pada temperatur  $696 \text{ }^\circ\text{C}$  dalam waktu 65 menit.
- Pada pengujian tahap I aluminium melebur pada temperatur  $694 \text{ }^\circ\text{C}$  dalam waktu 55 menit.

### 3. Pembahasan Hasil Pengujian Tungku

Dari hasil pengujian tungku peleburan aluminium diketahui bahwa tungku yang dirancang mampu untuk meleburkan aluminium *scrap* rata-rata 2,5 kg per jam dengan laju pembakaran bahan bakar 3,25 per jam. Hal ini berarti kebutuhan bahan bakar untuk melebur aluminium adalah sebesar 1,3 kg bahan bakar per kg aluminium *scrap*. Besarnya laju pembakaran bahan bakar ini lebih kecil jika dibandingkan dengan tungku peleburan berbahan bakar solar yang mencapai 1,4 liter per kg aluminium *scrap*, tungku peleburan berbahan bakar oli bekas yang mencapai 1,5 liter per kg aluminium *scrap* dan tungku peleburan berbahan bakar minyak tanah yang mencapai 1,6 liter per kg aluminium *scrap*.

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 11 dan 12 diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk peleburan aluminium tahap II lebih cepat dibandingkan dengan proses peleburan pada tahap I. Hal ini karena pada proses peleburan tahap II, kondisi tungku masih dalam keadaan panas, sehingga



pencapaian suhu lebur aluminium dapat lebih cepat.

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa besarnya kalor rata-rata yang digunakan untuk melebur aluminium *scrap* hingga mencapai temperatur akhir 796 °C adalah 1095 kJ per kg aluminium *scrap*. Jika briket batu bara yang digunakan memiliki nilai kalor pembakaran tinggi (HHV) sebesar 20092 KJ/kg, maka besarnya kalor rata-rata yang dilepas bahan bakar batu bara di ruang bakar untuk dapat melebur aluminium *scrap* hingga mencapai temperatur akhir 796 °C adalah 26120,6 kJ per kg aluminium *scrap*. Berdasarkan hasil analisis kalor ini dapat diketahui bahwa besarnya efisiensi tungku peleburan aluminium yang dirancang adalah 5,45%. Efisiensi tungku ini masih cukup rendah jika dibandingkan dengan hasil evaluasi efisiensi tungku peleburan aluminium *scrap* berbahan bakar arang kayu yang mencapai 11,3% (Ighodalo, dkk, 2011) dan juga masih lebih rendah jika dibandingkan dengan besarnya efisiensi Tungku Rumah Tangga (TRT) yakni berkisar 14% - 26% (Supriyatno dkk, 1994)

Berdasarkan hasil pengamatan secara visual pada saat pengujian, rendahnya efisiensi tungku yang dirancang ini disebabkan oleh rugi-rugi kalor yang terjadi masih terlalu besar. Kerugian kalor ini disebabkan oleh aliran udara paksa dari blower yang cukup besar sehingga banyak kalor yang terbuang bersama gas asap pembakaran keluar melalui saluran keluar. Di samping itu, aliran udara paksa dari blower yang cukup besar menyebabkan nyala api pembakaran banyak yang menyembur keluar melalui celah-celah pada pintu bahan bakar di bagian atas dari tungku sehingga banyak kalor yang terbuang sia-sia.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tungku yang dirancang dapat digunakan untuk melebur aluminium dengan laju peleburan 2,6 kg aluminium *scrap* per jam dan laju konsumsi bahan bakar sebesar 3,25 kg bahan bakar per jam.
2. Besarnya laju pembakaran bahan bakar ini lebih kecil jika dibandingkan dengan tungku peleburan berbahan bakar solar, berbahan bakar oli bekas yang dan tungku peleburan berbahan bakar minyak tanah.
2. Besarnya kebutuhan bahan bakar untuk melebur aluminium adalah sebesar 1,3 kg bahan bakar per kg aluminium *scrap*
3. Besarnya efisiensi tungku peleburan aluminium yang dirancang adalah sebesar 5,45 % karena rugi-rugi kalor yang terjadi masih cukup besar.

### Saran

Penyempurnaan terhadap tungku peleburan hasil rancangan dapat dilakukan dengan menambah katup pengatur aliran udara paksa dari blower dan memperbaiki konstruksi dari pintu-pintu bahan bakar untuk meminimalkan rugi-rugi kalor yang terjadi. Dengan penyempurnaan ini, efisiensi dari tungku akan dapat ditingkatkan. Berkaitan dengan pengaturan laju aliran udara, maka perlu pengujian lebih lanjut untuk mendapatkan laju aliran udara yang optimum.



## DAFTAR PUSTAKA

- Archie W. Culp, Jr., Darwin Sitompul, 1976, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*, Mc Graw Hill, New York.
- Arifin, Syamsul, 1976, *Ilmu Logam*, Jilid I, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Ighodalo, O.A., Akue, G., Enaboifo, E., Oyedoh, J., 2011, *Performance Evaluation Of The Local Charcoal-Fired Furnace For Recycling Aluminium*, Journal Of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) 2 (3) 448 – 450, Scholarlink Research Institute Journals (ISSN : 2141 – 7016).
- Magga, R., 2010, *Analisis Perancangan Tungku Pengecoran Logam (non-Ferro) Sebagai Sarana Pembelajaran Teknik Pengecoran*, JIMT Vol. 7, No. 1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako.
- Sundari, E., 2011, *Rancang Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas*, Jurnal Austenit, Volume 3 Nomor 1, April 2011, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Siwijaya.
- Surdia, Tata dan Saito Sinkoru, 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Supriyatno, Nazif dan Mamat, 1994, *Pengujian Efisiensi Energi Tungku Rumah Tangga*, Porsiding Seminar Ilmiah, P3FT, LIPI, Jakarta.
- Ashgi, 2009, *Rancang Bangun Dapur Kowi Pelebur Aluminium Berbahan Bakar Minyak*, Digital Library, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, <http://digilib.uns.ac.id>., diakses pada 18/02/2013, 12:46.
- Zemansky, Sears, 1994, *Fisika Untuk Universitas 1 : Mekanika, Panas, Bunyi*, Binacipta, Bandung.