

STUDI EKSPERIMEN EFISIENSI TUNGKU PELEBURAN ALUMINIUM DENGAN BRIKET TEMPURUNG KELAPA MELALUI *FORCE CONVECTION*

Apri Wiyono^{1*}, Dudun Riatna², Imam Nurkholis²

¹Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Subang, Indonesia

²Mahasiswa, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Subang, Indonesia

E-mail : Apri.Wiyono@gmail.com

Keywords:

Tungku, *force convection*, briket, efisiensi

E-mail

: Apri.Wiyono@gmail.com,
ddr.tm13@gmail.com

Abstract

Peleburan logam merupakan proses produksi dengan cara mencairkan logam hingga mencapai titik lebur, kemudian dituang ke dalam rongga cetakan hingga menghasilkan bentuk geometri semirip produk akhirnya. Dalam penelitian ini tungku peleburan menggunakan aluminium skrap sebagai bahan baku dan briket tempurung kelapa sebagai bahan bakar dengan ukuran diameter luar 400 mm, diameter dalam 350 mm dan tinggi 260 mm. Metode yang digunakan untuk meleburkan aluminium yaitu sistem aliran udara paksa. Tujuan penelitian ini yang pertama untuk mengetahui kalor total yang terjadi pada saat proses peleburan dilakukan, yang kedua untuk mengetahui kapasitas cawan lebur setelah terisi aluminium cair dan yang ketiga untuk mengetahui nilai kalor yang melalui dinding tungku. Pada percobaan ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan termokopel untuk mengetahui perubahan temperatur yang terjadi pada setiap waktu tertentu, penelitian ini dilakukan dengan cara 12 kali memasukan skrap aluminium adapun setiap tahapannya dengan massa aluminium 200 gram. Dimana didapatkan aluminium mencair setelah temperatur mencapai 655 °C pada kondisi massa aluminium 200 gram pada waktu ke-8 menit, temperatur tertinggi hingga mencapai 755°C pada menit ke 25 dengan massa aluminium 900 gram dan proses penuangan aluminium cair untuk membuat produk coran cetak pasir dilakukan pada temperatur cawan 695°C, setelah kondisi massa aluminium 2000 gram. Adapun besarnya efisiensi pada penelitian ini yang dipengaruhi oleh udara paksa dari pengering rambut adalah 10,61 %.

TATA NAMA (*NOMENCLATURE*)

m_{Al}	Massa Aluminium [kg]	C_p	Kalor jenis bahan [J/kg°C]
t	Waktu [s]	ρ_{Al}	Massa jenis aluminium [kg/m ³]
ΔT_{Rk}	Perubahan suhu ruang kamar [°C]		
ΔT_{Rb}	Perubahan suhu ruang bakar [°C]		
ΔT_{Rc}	Perubahan suhu ruang cawan [°C]		
ΔT_{Di}	Perubahan suhu dinding luar [°C]		
Q	Kalor [J]		
Q_l	Kalor lebur [J/kg]		

1. Pendahuluan

Tungku peleburan adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mencairkan dan meleburkan material logam pada proses pengecoran (*casting*) atau untuk memanaskan material dalam proses perlakuan panas (*heat treatment*) [1]. Karena gas buang dari hasil pembakaran akan bereaksi langsung dengan logam cair maka jenis bahan bakar yang dipilih menjadi penting. Bahan bakar padat dipertimbangkan akan menghasilkan bahan partikulat yang akan mengotori logam cair yang ada di dalam tungku. Oleh karena itu material logam cair tidak merekomendasikan penggunaan bahan bakar yang mengandung partikulat pengotor tersebut contohnya seperti unsur sulfur.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik. Berat jenis aluminium adalah 2,643 kg/m³ cukup ringan dibanding logam yang lain [10]. Kekuatan aluminium yang berkisar 83-310 Mpa dapat melalui pengerjaan dingin atau panas (Surdia Tata 1994) [6].

Tungku peleburan atau disebut juga dengan tungku pengecoran logam memiliki banyak jenis dan metode pembakaran. Ada beberapa jenis tungku peleburan aluminium yang telah dikembangkan diantaranya tungku berbahan bakar gas yang dibuat oleh Magga (2010) yaitu dengan mengembangkan analisis perancangan tungku peleburan logam non-ferro jenis portable berbahan bakar arang sebagai sarana pembelajaran. Beberapa tungku peleburan aluminium yang telah dikembangkan diantaranya tungku dengan mekanisme tahanan listrik untuk pengujian performansi yang dilaporkan oleh Ismail Mukti Adi (2014). Tungku yang dirancang menggunakan material *stainless* dan beberapa besi lainnya untuk pembakarannya menggunakan tahanan listrik yang terdiri dari 2 buah elemen pemanas 2500 W dan 1200 W/230V dengan kapasitas tungku 2 kg. Dari hasil uji coba yang dilakukan dapat menghasilkan suhu hingga 800°C dalam proses mencairkan aluminium berkapasitas 2 kg memerlukan waktu 58 menit serta efisiensi tungku mencapai 64,06% [3].

Winarno (2013) membuat tungku pencairan aluminium menggunakan bahan padat dengan sistem aliran udara paksa dengan menggunakan *blower*. Hasil dari pengujian dan analisa data dari tungku tersebut memiliki laju pencairan 2,6 kg/jam, laju konsumsi bahan bakar sebesar 3,25 kg/jam dan efisiensi tungku sebesar 5,45% [2].

Dari latar belakang yang berkaitan dengan penelitian ini terkait tungku peleburan aluminium, maka perlu adanya pengembangan dalam hal efisiensi kinerja tungku. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu yang diperlukan sehingga aluminium mencair, untuk mengetahui berapa kapasitas cawan lebur yang terisi aluminium cair, untuk mengetahui kalor total pada tungku yang dirancang serta untuk mengetahui nilai efisiensi *thermal* dari tungku yang dirancang.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco - Subang beralamatkan di Jalan Raya Cipeundeuy – Pabuaran Km 3.5, Desa Karangmukti, Kecamatan Cipeundeuy, Kabupaten Subang, Jawa Barat (Kawasan Industri Texmaco).

2.2 Bahan Penelitian

Tempurung kelapa pada penelitian ini didapatkan di daerah sekitar subang, dimana dilakukan pre-treatment pada bahan baku berupa pemilahan, pengeringan dan penggerusan. Kemudian, bahan baku berupa bubuk kasar dilakukan pemadatan / briketisasi. Sehingga, akhirnya didapatkan bahan bakar tungku berupa briket tempurung kelapa yang padat.



Gambar 1. Briket tempurung kelapa

Perencanaan awal adalah proses mendefinisikan tujuan perancangan dan membuat langkah untuk mencapai tujuan dari perancangan tersebut. Sedangkan arti dari mendesain atau merancang itu sendiri adalah sebagai serangkaian aktifitas mengolah data yang ditemukan untuk mewujudkan apa yang ada dalam tujuan perancangan. Dalam hal ini maerial yang digunakan pada tabel diatas adalah aluminium dengan titik cair 660°C serta berat jenisnya 2.643 kg/m³ [5,7].

Tabel 2. Sifat fisik aluminium [6]

Sifat – sifat	Kemurnian Aluminium (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (g/cm^3)	2,6989	2,7
Titik cair	660	653 - 657
Panas jenis ($cal/g \cdot ^\circ C$)($100^\circ C$)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur ($^\circ C$)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20 - $100^\circ C$)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	fcc, a = 4,013 kX	fcc, a = 4,04 kX

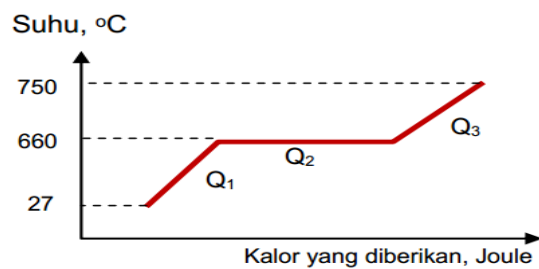
Tabel diatas menunjukkan sifat fisik aluminium pada penelitian ini sifat fisik aluminium yang digunakan dengan melihat nilai kemurnian aluminium dengan massa jenis $2,7 g/cm^3$ dan titik cair aluminium $660^\circ C$.

2.3 Persamaan

Persamaan yang digunakan pada penelitian perancangan tungku peleburan aluminium berkapasitas 2 kg dengan menggunakan briket untuk membuat produk coran cetak pasir terdiri beberapa persamaan. Kapasitas cawan pada penelitian dihitung pada saat terisi aluminium cair. Berikut ini rumus persamaan yang digunakan [4] adalah:

$$Kapasitas_{cawan} = \frac{m_{Al}}{\rho_{aluminium}} \quad (1)$$

Jumlah panas/kalor (Q_1) yang diperlukan dalam peleburan aluminium dapat digambarkan sebagai berikut. (Zemansky, 1994) [9]:



Gambar 2. Tahapan peleburan aluminium

Kalor yang dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan rumus persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_A + Q_B + Q_C \\ &= m_{al} \cdot Cp_1 \cdot \Delta T_1 + m_{al} \cdot Q_L + m_{al} \cdot Cp_2 \cdot \Delta T_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Rumus untuk mencari nilai kalor (Q_2) yang diserap dinding tungku pada penelitian ini menggunakan persamaan [3].

$$Q_2 = m_k \cdot Cp_3 \cdot \Delta T \quad (3)$$

Rumus untuk mencari nilai kalor (Q_3) yang diserap dinding luar pada penelitian ini menggunakan persamaan [3].

$$Q_3 = m_p \cdot Cp_4 \cdot \Delta T \quad (4)$$

Rumus untuk mencari nilai kalor (Q_{total}) yang diserap pada penelitian ini menggunakan persamaan [3].

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

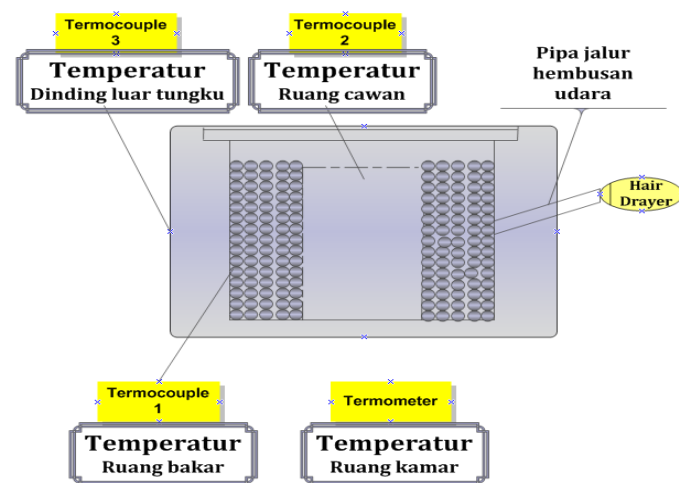
Rumus untuk mencari nilai efisiensi tungku pada penelitian ini menggunakan persamaan [3].

$$\text{Efisiensi Termal} = \frac{\text{Panas dalam kowi}}{\text{Panas total}} \times 100\% \quad (6)$$

2.4 Skematik Eksperimen

Tahapan penelitian pada perancangan tungku peleburan aluminium yang pertama membuat model perancangan tungku peleburan agar dapat memberikan gambaran pada saat pembuatan tungku peleburan yang terdiri dari tungku, rangka penyangga, cawan, penutup, pipa jalur hembusan udara dan tiang penyangganya. Kedua menentukan alat dan material yang akan digunakan dalam perancangan supaya tidak terjadi kesalahan penggunaan material. Ketiga pengadaan alat dan material yang diperlukan untuk pembuatan tungku peleburan dan selanjutnya fabrikasi tungku peleburan, analisa perancangan serta melakukan uji coba tungku.

Prosedur penelitian yang akan dilakukan yaitu pertama adalah memulai penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur adalah mengkaji buku-buku yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Setelah mengkaji buku-buku dan memperoleh pengetahuan yang cukup maka dijadikan sebagai data yang akan diolah untuk penelitian. langkah selanjutnya adalah merancang tungku dengan menggunakan *software solid works* kemudian melakukan pembuatan tungku (*assembling*), serta melakukan percobaan dan analisa perhitungan. Setelah data selesai dan valid maka tungku yang dirancang dapat digunakan sebagaimana mestinya.



Gambar 2. Skema Eksperimen

Dari gambar 2 diatas merupakan skema ekperimen pada penelitian tungku peleburan. Adapun pada peneltian ini termokopel yang digunakan ada 3 masing-masing diletakan pada posisinya termokopel yang pertama diletakan pada ruang bakar, termokopel yang kedua diletakan pada ruang cawan lebur dan termokopel yang ketiga diletakan pada dinding luar tungku. Bahan bakar pada tunku ini menggunakan briket tempurung kelapa serta sistem pembakarannya menggunakan aliran udara paksa dari *hair dryer* yang dihembuskan dari satu titik melalui pipa.

Prosedur pada saat proses percobaan tungku peleburan diantara lain cawan di simpan di dalam tungku peleburan kemudian bahan bakar briket yang akan digunakan diukur untuk mengetahui beratnya kemudian dimasukan ke dalam tungku peleburan sehingga menutupi permukaan dinding luar cawan, dilakukan proses pembakaran briket dengan bantuan sedikit minyak tanah guna mempermudah proses pembakaran awal briket, setelah briket mulai terbakar cawan (kowi) diisi dengan aluminium yang sebelumnya sudah ditimbang lalu pengering rambut (*hair dryer*) dinyalakan untuk membantu proses pembakaran. Proses pengukuran temperatur pada material yang dilebur (Aluminium) di dalam cawan/kowi mulai dilakukan dengan menggunakan termokopel dan termometer digital setelah aluminium melebur/mencair dan mencapai temperatur di atas 700°C tuang ke cetakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari percobaan ini ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan diantaranya adalah jumlah bahan bakar (briket tempurung kelapa) yang digunakan untuk proses peleburan yaitu sebanyak 2 kg dan jumlah aluminium *scrap* yang akan dilebur adalah sebanyak 2 kg. Dari hasil percobaan terukur, diperoleh

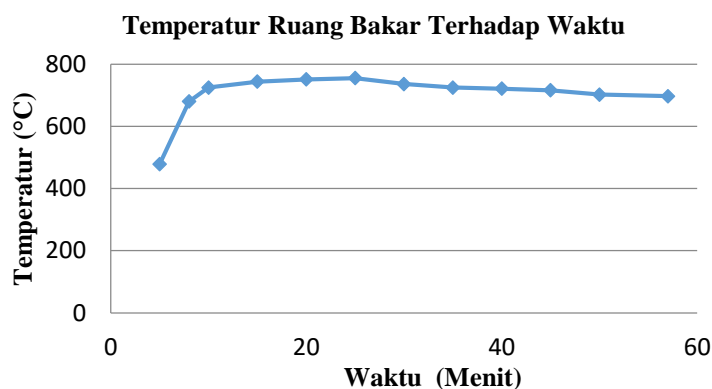
distribusi temperatur terhadap waktu pada proses peleburan aluminium seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Data skema pengujian pada saat proses peleburan.

No	Massa Aluminium (g)	Waktu (Menit)	Temperatur (°C)				Keterangan	
			Ruang Kamar	Ruang Bakar	Ruang Cawan	Dinding Luar Tungku	Padat	Cair
1	100	5	33	478	430	35	√	
2	100	8	34	680	655	37		Mulai
3	300	10	34	725	667	38		√
4	500	15	35	744	689	40		√
5	700	20	34	747	708	52		√
6	900	25	33	755	731	63		√
7	1.100	30	33	736	728	75		√
8	1.300	35	33	725	723	83		√
9	1.500	40	34	721	719	87		√
10	1.700	45	34	716	712	90		√
11	1.900	50	35	702	699	92		√
12	2.000	57	35	697	695	93		√

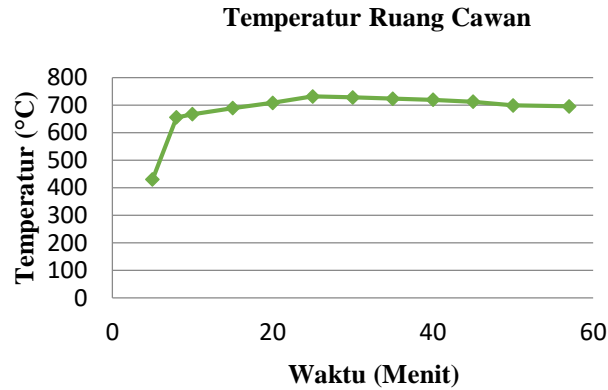
3.1 Pengujian temperatur ruang bakar dan ruang cawan

Dari percobaan ini ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan diantaranya adalah jumlah bahan bakar (briket tempurung kelapa) yang digunakan untuk proses peleburan yaitu sebanyak 2 kg dan jumlah aluminium *scrap* yang akan dilebur adalah sebanyak 2 kg. Dari hasil percobaan terukur, diperoleh distribusi temperatur terhadap waktu pada proses peleburan aluminium seperti ditunjukkan pada grafik berikut ini :



Gambar 3. Grafik temperatur ruang bakar terhadap waktu

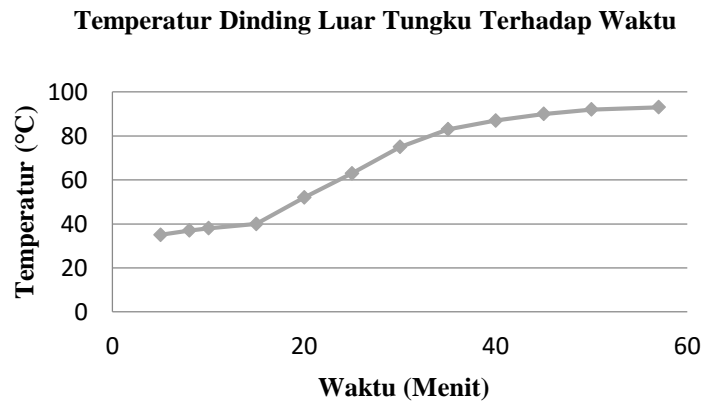
Dari grafik tersebut, dapat dilihat untuk temperatur ruang bakar terhadap waktu peningkatan dan penurunan temperatur lebih stabil. Temperatur naik secara perlahan sampai mencapai titik maksimal 755°C pada menit ke 25 dengan massa aluminium 900 gram kemudian turun kembali secara perlahan sampai bahan bakar sudah mulai habis.



Gambar 4. Grafik temperatur ruang cawan lebur terhadap waktu

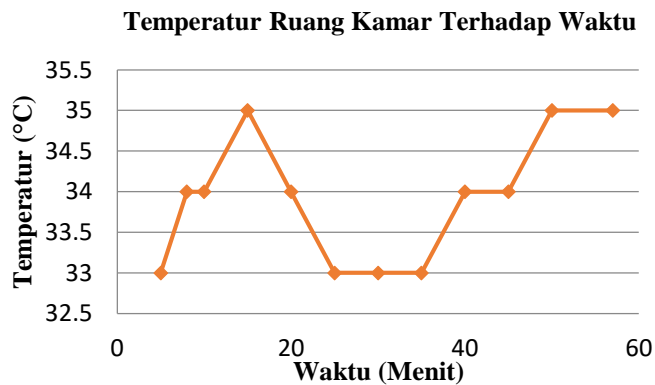
3.2 Pengujian temperatur dinding luar dan ruang kamar (lingkungan)

Dari grafik tersebut, dapat dilihat untuk temperatur ruang cawan terhadap waktu peningkatan dan penurunan temperatur lebih stabil. Temperatur naik secara perlahan sampai mencapai titik maksimal 731°C pada menit ke 25 dengan massa aluminium 900 gram kemudian turun kembali secara perlahan sampai bahan bakar sudah mulai habis serta dilakukan proses penuangan aluminium cair ketika massa aluminium 2000 gram pada temperatur 695°C.



Gambar 5. Grafik temperatur dinding luar tungku terhadap waktu

Dari grafik tersebut, dapat dilihat untuk temperatur dinding luar tungku terhadap waktu peningkatan stabil. Temperatur naik secara perlahan sampai mencapai titik maksimal 93°C pada menit ke 57 dikarenakan terjadi proses perambatan panas terhadap dinding selama proses pembakaran berlangsung.



Gambar 6. Grafik temperatur ruang kamar terhadap waktu

Dari grafik tersebut, dapat dilihat untuk temperatur ruang kamar terhadap waktu terjadi peningkatan dan penurunan tidak stabil. Dikarenakan telah terjadi perubahan temperatur yang dipengaruhi oleh faktor cuaca dan kondisi lingkungan yang tidak bisa diprediksikan.

3.2 Analisis Kinerja Tungku (Efisiensi)

Adapun tungku yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai hasil pengembangan dari hasil penelitian yang lainnya. Tungku yang dirancang untuk meleburkan aluminium berkapasitas 2 kg menggunakan material batu bata dan bahan bakar menggunakan briket tempurung kelapa berkapasitas 2 kg dengan sistem aliran udara paksa menggunakan pengering rambut (*hair dryer*).

Sebuah tungku peleburan dipengaruhi beberapa faktor yang dapat menentukan baik tidaknya kinerja sebuah tungku peleburan. Kapasitas cawan lebur yang dirancang yaitu 0,74 liter. Kalor didalam kowi yang mencairkan aluminium pada tungku yaitu 2.006,22 kJ. Kalor yang diserap di dinding luar tungku adalah 11,34 kJ. Kalor yang diserap dinding luar adalah 16.891,17 kJ. Sehingga, kalor total yang diserap (Q_{total}) yaitu 18.908,73 kJ.

Dari hasil pengujian dan analisa tersebut pada tungku ini untuk meleburkan 2 kg aluminium, membutuhkan waktu 57 menit, kapasitas cawan 0,74 liter, kalor total 18.908,73 kJ dan efisiensi tungku sebesar 10,61%. Dimana, efisiensi tungku dapat ditentukan dengan mengatur jumlah panas yang diserap kowi dan membaginya dengan jumlah total kalor yang dipakai sesuai persamaan (6).

Tabel 4. Perbandingan Kinerja Berbagai Tungku Peleburan Aluminium [13]

No.	Peneliti	Bahan Bakar	Hasil Pengujian			Efisiensi (%)	Biaya operasi (Rp/kg)
			Jml Al	Jml BB	Waktu		
1	Ashfi (2009)	Solar	4 kg	5,8 liter	55 menit	2,1	13.050
		Oli bekas	4 kg	6 liter	65 menit	1,8	6.000
2	Sundari (2011)	LPG	30	3,6 kg	97 menit	19,5	1.200
3	Winarno (2012)	Briket batubara	1 kg	2,3 kg	75 menit	5,45	5.750
4	Winarno (2014)	Briket batubara	2,5 kg	1,3 kg	55 menit	10,5	1.560
		Arang kayu	2,5 kg	1,8 kg	60 menit	10,1	2.880
5	Wiyono (2018)	Briket tempurung kelapa	2 kg	2 kg	57 menit	10,61	4.500
6	PT. Prestige (2014)	Solar	60 liter	12,5 liter	114 menit	12,5	1.875
7	Gito (2016)	Oli bekas	200 liter	400 liter	70 menit	1,2	8.000

Pada tabel 4 menunjukkan nilai efisiensi tungku yang dirancang pada riset ini memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan Nilai efisiensi ini lebih rendah bila dibandingkan dengan *gas fired crucible furnace* yang digunakan untuk mencairkan aluminium dengan skala yang lebih kecil dan memiliki efisiensi 12% [11]. Komparasi lain yaitu pada tipe *gas fired reverberatory furnaces* memiliki efisiensi peleburan lebih besar dimana berkisar antara 25 – 28 % [12].

4. Kesimpulan

1. Waktu pada saat aluminium mencair adalah 8 menit pada kondisi massa aluminium 100 gram dan untuk mencairkan aluminium sebanyak 2 kg membutuhkan waktu 57 menit.
2. Kapasitas cawan pada saat terisi aluminium cair secara perhitungan 0,74 liter dan secara percobaan cukup menampung aluminium dengan massa 2 kg setelah mencair.
3. Kalor total yang diserap/kalor total pada penelitian ini adalah 18.908,73 kJ
4. Nilai efisiensi tungku pada penelitian ini adalah 10,61 %.

Daftar Pustaka

- [1] Akuan, A. (2010). *Modul Pengecoran Logam*. Bandung : Universitas Jendral Ahmad Yani.
- [2] Winarno Joko, T. A. (2012). *Rancang Bangun Tungku Peleburan Aluminium Berbahan Bakar Padat Dengan Sistem Aliran Udara Paksa*. Yogyakarta. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabrada yogyakarta.

- [3] Adi, M.I. (2014). *Rancang Bangun Tungku Pencairan Logam Aluminium Berkapasitas 2 Kg Dengan Mekanisme Tahanan Listrik (Pengujian Performansi)*. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Volume 13 Nomor 1, Universitas Sebelas Maret.
- [4] Magga, R. (2010). *Analisis Perancangan Tungku Pengecoran Logam (Non-Fero) Sebagai Sarana Pembelajaran Teknik Pengecoran*. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Volume 7 Nomor 1, Universitas Tadulako.
- [5] Rahmat, R.M. (2015) *Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 3, Nomor 2, Universitas Islam 45 Bekasi
- [6] Phillip. A.H.B. (1992). *Teknologi mekanik*: Jakarta : Pradnya Paramita, hal.64.
- [7] Surdia Tata. (2000). *Pengetahuan Bahan Teknik*: Pradnya Paramita. Jakarta.
- [8] 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).
- [9] Zemansky. (1994). *Fisika Untuk Universitas 1 : mekanika, panas, bunyi*. Benacipta. Bandung.
- [10] Djapri Sriati. (1985). *Tabel Berat Jenis Beberapa Jenis Logam*: Universitas Indonesia- Jakarta : Gelora Aksara Pratama, Hal.64.
- [11] BEE (2005). Furnaces. Bureau of energy efficiency. [available online] : http://emf-india.com/BEE_exam/Guidebooks/2ch4.pdf. accessed april 2005.
- [12] CCMA and Technikon (2001). Metal melting efficiency Project. California Cast Metal Association and Technikon. California Energy Commission Report 2001. U.S.A.
- [13] Winarno Joko, T. A. (2015). *Rancang Bangun Dapur Pelebur Aluminium Berbahan Bakar Padat Yang Lebih Hemat Energi dan Lebih Ramah Lingkungan*. Yogyakarta. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabrada yogyakarta : volume 11.