

PEMBUATAN TUNGKU PELEBURAN ALUMINIUM DENGAN PEMENFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN BAKAR

Asep Rachmat¹⁾, Maman Sulaeman²⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka¹⁾

Email : asep18rachmat75@gmail.com

Abstract

Metal casting is the process of making objects by melting metal and pouring the liquid into the mold cavity. This process can be done using a furnace. Melting furnace is a device used to melt metal. This research aims to make and test a furnace that uses coconut shell as fuel, this furnace is designed to melt aluminum. The manufacturing process is carried out by several processes such as cutting, rolling, welding and turning. after the manufacturing process is complete, the furnace testing process is carried out. In this testing process, measurements are made with a thermocouple to determine the temperature changes that occur during the process. The results of the furnace test showed that each component of the manufacture could work properly (capable of processing) and was able to withstand temperatures up to 9000 C without changing shape. The results of the calculation from the test data show that the furnace requires heat of 4564.96 kJ to melt 4.3 kg of aluminum material by actually spending 35 minutes and 31.44 minutes in calculations, and the efficiency of the furnace reaches 49%. This furnace is expected to be used as a learning tool for students in non-ferrous metal casting techniques, especially aluminum.

Keywords: Furnace, Aluminum, Metal

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi, sehingga banyak teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan dan mengolah sumberdaya. Kementerian perindustrian terus mendorong peningkatan produksi aluminium nasional, dengan menargetkan sebanyak 1,5 – 2 juta ton pada tahun 2025. Pentingnya menggenjot produksi aluminium ini sesuai dengan amanat peraturan presiden Nomor 3 Tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional, Saat ini, kapasitas pengolahan bauksit menjadi Alumina nasional mencapai 1,3 juta ton per tahun (kemenperin.go.id).

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik (Tata Surdia, 2013), sehingga aluminium sangat ideal untuk digunakan sebagai material yang membutuhkan sifat kuat, dan berat cenderung lebih ringan dari baja. Aluminium dapat dibentuk menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat, dileburkan untuk dicetak dan sebagainya. Untuk

menghasilkan produk aluminium yang maksimal dibutuhkan proses pengecoran yang baik, dengan menggunakan peralatan yang berkualitas. Salah satu peralatan yang paling penting adalah tungku.

Tungku memiliki ragam dan jenis yang berbeda – beda, sehingga pemilihan material dan energi yang digunakan akan sangat berpengaruh terhadap kinerja tungku. Ismail dkk (2014) menyatakan bahwa telah melakukan penelitian tentang sebuah tungku peleburan aluminium berkapasitas 2 kg dengan menggunakan energi listrik. Tungku yang dirancang memiliki T maksimum sebesar 900 C, dan dapat mencairkan material dalam waktu 58 menit serta membutuhkan daya listrik sebesar 3385,3 Watt.

Budi dkk (2017) menyatakan bahwa telah melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja tungku peleburan aluminium kapasitas 10 kg berbahan bakar oli bekas. Evaluasi ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan efisiensi kinerja tungku. Dalam penelitian, melakukan pembuatan tungku menggunakan glasswool dan semen tahan api sebagai pelapis dinding.

Amir dkk (2018) menyatakan bahwa telah melakukan penelitian tentang tungku peleburan dengan bahan bakar gas LPG. Proses peleburan aluminium dengan berat 2 kg membutuhkan waktu 60 menit menghabiskan bahan bakar 1,965 kg.

Dari ketiga penelitian diatas penulis memiliki gagasan untuk merancang dan membuat tungku peleburan aluminium dengan memanfaatkan bahan bakar yang berasal dari bahan sisa, bahan yang dimaksud adalah tempurung kelapa. Hal ini sejalan dengan wilayah Majalengka yang memiliki beberapa pasar tradisional sebagai penghasil utama limbah tempurung, serta dari warga yang berprofesi sebagai pedagang kelapa. Menurut bapak Fendi selaku salah satu pedagang bahwa beliau dapat menghasilkan 1 karung tempurung dalam waktu 2-3 hari.

Menurut Jamilatun, S. (2008) menyatakan bahwa tempurung kelapa merupakan energi biomassa memiliki waktu pembakaran sehingga menjadi abu yang cukup lama yaitu 116 menit dengan kecepatan pembakaran yaitu 126,6 gram/detik. Dan salah satu kelebihan lain yaitu merupakan energi yang ramah lingkungan.

Tungku yang dibuat merupakan jenis tungku krusibel dengan tujuan untuk meleburkan material logam non ferro Aluminium. Aluminium sendiri memiliki titik didih 650°C , sehingga tungku harus memiliki ketahanan hingga diatas 1000°C agar lebih aman.

sehingga untuk mempermudah proses pembuatan.

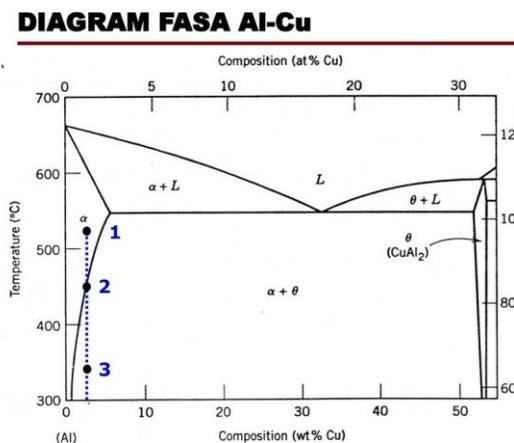
2. KAJIAN LITERATUR

Akhyar (2014) Merancang dan membuat tungku peleburan Logam Dengan pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk meleburkan 1 kg aluminium selama 50 menit 32 detik, dengan menghabiskan $\frac{1}{2}$ liter oli bekas.

Istana Budi dan Lukman Japri (2016) merancang tungku peleburan aluminium berbahan bakar minyak bekas sebagai sarana pembelajaran. Dalam penelitian menggunakan tungku krusibel berbentuk silinder dengan diameter luar 36 cm, tinggi 40 cm, diameter krusibel 30 cm, dan tinggi 35 cm, serta dinding tungku dibuat dengan menggunakan bahan refractory sehingga memiliki kemampuan tahan terhadap temperatur 1600°C .

Wiyono Apri, Riatna Dudun, dan Nurkholis Imam (2018) melakukan studi eksperimen tungku peleburan Aluminium dengan Briket tempurung kelapa melalui *Force Convection*. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kinerja tungku, untuk meleburkan 2 kg Aluminium membutuhkan waktu 57 menit, Dan menghasilkan kalor total yang diserap dalam percobaan sebesar 18.908,73 KJ. Tungku ini memiliki nilai efisiensi 10,61 %.

Djoko Purwanto (2011) menyatakan telah melakukan penelitian tentang arang dari limbah tempurung kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan ditujukan agar limbah dari kelapa sawit dapat dimanfaatkan dan digunakan dengan sebaik-baiknya. Hasil pada penelitian ini adalah bahwa kelapa sawit memiliki nilai kalor yang tinggi 6.866,21 – 7.177,87 kal/g. Angka ini lebih besar jika dibandingkan dengan nilai kalor arang kayu yang berasal dari Kalimantan selatan yaitu 5.491 – 6.518 kal/g (Estetika, 1992) dan lebih besar dari persyaratan arang kayu untuk industri peleburan timah yaitu 6.781 kal/g (Djatzmiko, 1991).

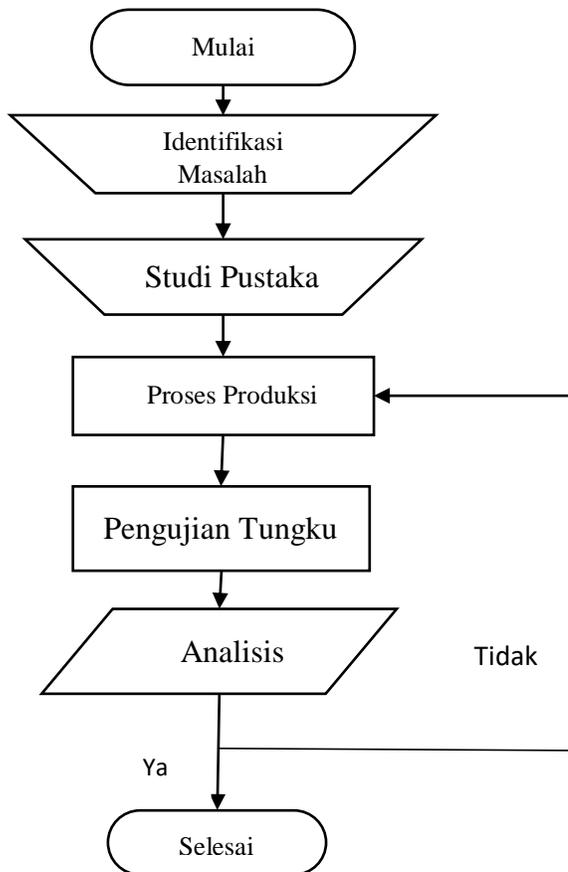


Gambar 1.1 Diagram Fasa Al – Cu

Dalam proses pembuatan tungku dibagi dalam beberapa part atau komponen,

3. METODOLOGI

Dalam penelitian ini ada beberapa peralatan yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian tungku pelebur. Adapun alat yang digunakan adalah burner, termokopel, cawan lebur, arang tempurung, blower, *stopwatch*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bata tahan api, semen tahan api, plat besi, besi pejal, Alumunium sekrap (kanvas rem) dan skrap alumunium murni. Metodologi penelitian digambarkan secara singkat pada gambar 3.1.



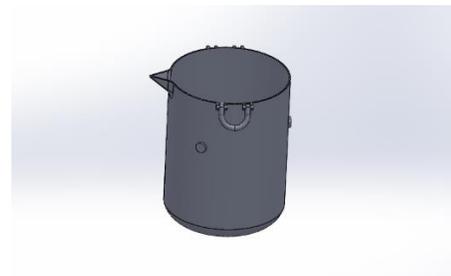
Gambar 2.1 Flowchart penelitian

Dalam perencanaan tungku pelebur ini akan dibuat sebagai berikut:

2.1. Krusibel

Krusibel memiliki fungsi sebagai tempat meleburkan material alumunium, sehingga harus memiliki sifat ketahanan

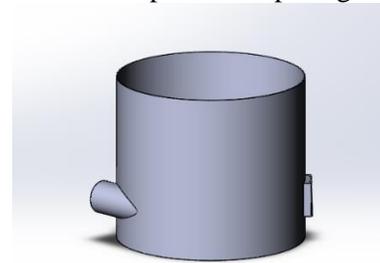
terhadap temperature tinggi (memiliki temperatur di atas temperatur lebur dari material Alumunium). Krusibel dibuat dengan menggunakan material baja karbon rendah dengan ukuran dimensi diameter 230 mm, tinggi 300 mm dan tebal 3 mm adapun desain krusibel yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Krusibel

2.2. Dinding Tungku

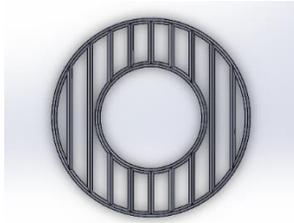
Material yang digunakan untuk membuat dinding tungku adalah pelat baja dengan tebal 2 mm yang di roll dengan dimensi diameter basin 660 mm, dengan tinggi keseluruhan 391 mm, dan terdiri dari beberapa bata tahan api yang disusun secara rapi dengan dilapisi bata tahan api dan castabel. Desain dinding tungku yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Dinding Tungku

2.3. Saringan

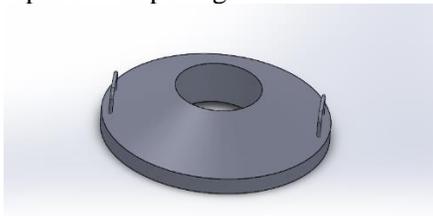
Material yang digunakan untuk membuat saringan adalah baja batangan dengan diameter 10 mm yang diroll, dan dipasang berjajar dengan di las. Desain saringan yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Saringan

2.4. Tutup tungku

Material yang digunakan untuk membuat tutup tungku adalah pelat baja dengan tebal 2 mm yang di roll dengan diameter atas mm, dan diameter bawah mm dibuat mengerucut dengan tinggi mm. Desain tutup tungku yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tutup Tungku

2.5. Cetakan

Cetakan dibuat hanya untuk menguji tungku, jenis cetakan yang digunakan adalah *permanent mold casting* atau menggunakan material logam. Pembuatannya dilakukan dengan proses *machining*.

Langkah – langkah dalam melakukan pengujian ini adalah

1. Siapkan tungku pelebur dengan perlengkapannya, bahan bakar dan material pelebur.
2. Lakukan pengujian temperatur dengan *Thermocouple* untuk dijadikan patokan temperatur awal.
3. Lakukan pengukuran berat pada bahan bakar arang tempurung, lalu masukan ke dalam ruang bakar sampai atas.
4. Lakukan pengukuran material Alumunium limbah dan sekrap yang akan dilebur.

5. Untuk menyalakan awal gunakan minyak tanah atau bensin sebagai pemantik awal.
6. Setelah arang terbakar masukan tutup agar nyala api tidak terganggu dari luar
7. Nyalakan blower untuk menaikkan temperatur agar lebih cepat
8. Lakukan pengukuran temperatur pada tiap bagian selama 15 menit sekali
9. Siapkan cetakan, dan oleskan bahan *Resin Counting* agar material tidak menempel pada cetakan. Setelah selesai jepitkan pada ragum.
10. Cek temperatur pada saat material mulai lebur
11. Setelah material lebur tunggu hingga temperatur tuang (700 °C)
12. Lalu buka tutup tungku, angkat cawan lebur dan letakan pada penuang,
13. Lalu tuangkan material lebur secara hati-hati namun tidak boleh berhenti harus secara *continue* sampai cetakan penuh.



Gambar 2.6 Proses penuangan

14. Tunggu hingga material tidak terlalu panas lalu lepaskan dari cetakan.
15. Lakukan hal yang sama untuk percobaan ke 2,3 dan 4.

Analisis yang dilakukan untuk mengukur efisiensi kerja menggunakan persamaan sebagai berikut :

Kalor untuk melebur Al (Q_1)

$$Q_1 = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$Q_1 = (m_{Al} \times Cp_1 \times \Delta T_1) + (m_{Al} \times h) + (m_{Al} \times Cp_2 \times \Delta T_2)$$

Dimana;

- Q₁: Kalor untuk melebur Al (kJ)
- Q_a: Kalor yang menaikkan suhu kamar menjadi suhu cair (°C)
- Q_b: Kalor yang merubah Al dari fase padat ke fase cair (°C)
- Q_c: Kalor yang menaikkan temperature tungku menjadi temperatur tuang (°C)
- m_{Al}: masa Al yang dilebur (kg)
- Cp₁: Kalor jenis Alumunium (J/kg. °C)
- h: kalor lebur atau kalor latent Al (J/kg)
- ΔT₁: perubahan suhu dari suhu kamar menjadi suhu cair (°C)
- ΔT₂ : perubahan suhu dari suhu cair menjadi suhu tuang (°C)

Kalor yang di serap dinding (Q₂)

Material yang digunakan sebagai pelapis dinding, atau penahan panas pada dinding adalah *castabel refractory*.

$$Q_2 = m_d \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana ;

- Q₂ : Kalor yang diserap bata (kJ)
- Cp : Kalor jenis bahan bata (J/kg. °C)
- ΔT : perubahan suhu pada bata (°C)
- m_d : masa bata yang menerima panas

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{lb}^2 \times D_{ab}^2) \times t_b \times \rho$$

diketahui :

- D_i : Diameter luar (m)
- D_d : diameter dalam (m)
- t : tinggi bata (m)
- ρ : massa jenis bata (kg/m³)

Kalor yang diserap kowi (Q₃)Kowi merupakan tempat dimana peleburan terjadi, semakin cepat panas kowi maka akan semakin cepat waktu peleburan.

$$Q_3 = m_c \cdot Cp_c \cdot \Delta T_c$$

Dimana ;

- Q₃: Kalor yang diserap kowi (kJ)
- Cp_c: Kalor jenis bahan kowi (J/kg. °C)
- ΔT_c: perubahan suhu pada kowi (°C)
- m_c: masa kowi yang menerima panas

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{lc}^2 \times D_{dc}^2) \times t_c \times \rho$$

diketahui :

- D_{lc}: Diameter luar kowi (m)
- D_{dc}: diameter dalam kowi (m)
- T_c: tinggi kowi (m)
- ρ massa jenis kowi (kg/m³)

Kalor yang diserap tutup (Q₄)

Tutup tungku difungsikan untuk mencegah panas yang hilang ke luar, dan menahan panas dari atas.

$$Q_4 = m_t \cdot Cp_t \cdot \Delta T_t$$

Dimana ;

- Q₄ : Kalor yang diserap tutup (kJ)
- Cp_t : Kalor jenis bahan tutup (J/kg. °C)
- ΔT_t : perubahan suhu pada tutup (°C)
- m_t : masa tutup yang menerima panas

$$= \pi \times D_t \times t_t \times X_t \times \rho$$

diketahui :

- D_t : Diameter tutup (m)
- X_t : tebal tutup (m)
- T_t : tinggi tutup (m)
- ρ : massa jenis tutup (kg/m³)

Kalor Total (Q_{total})

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Dimana :

- Q₁ : Kalor untuk melebur Al (kJ)
- Q₂ : Kalor yang diserap bata tahan api (kJ)
- Q₃ : Kalor yang diserap kowi (kJ)
- Q₄ : Kalor yang diserap plat luar (kJ)

Efisiensi tungku

Untuk mengukur efisiensi tungku dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$Efficiency\ thermal = \frac{panas\ dalam\ kowi}{panas\ total} \times 100\%$$

Waktu peleburan

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk dapat meleburkan Alumunium, maka harus mengetahui berapa besar laju aliran panas kecawan lebur. Laju aliran panas dapat dicari dengan persamaan 2.16, berikut;

$$q_c = \frac{K_c \cdot A_c}{\Delta x} (T_2 - T_1)$$

Dimana;

Q_c = Laju aliran kalor kecawan lebur (kJ/kg)

K_c = Konduktivitas thermal cawan lebur (5,2 W/m⁰C)

Δx_c = Tebal cawan lebur (m)

T_{c1} = suhu bagian dalam cawan (°C)

T_{c2} = suhu bagian luar cawan (°C)

$$A_c = A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

Waktu yang dibutuhkan untuk melebur alumunium padat menjadi cair pada dapur peleburan ini, dapat diketahui dari besarnya angka perbandingan antara kalor yang dibutuhkan untuk melebur alumunium dengan laju aliran kalor yang diterima oleh cawan lebur, yaitu :

$$t = \frac{Q_1}{q_c}$$

Dimana;

t : waktu (menit)

Q_1 : Kalor untuk melebur Alumunium (Kj)

q_c : kalor yang diterima cawan lebur (Kj/jam)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan yang didapat dari pengujian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil pengujian

Waktu (menit)	Temperatur °C					
	Cawan		Dinding		Tutup	
	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar
0	37,0	37,2	36,2	36,4	46,3	36,7
15	425,0	415,0	410,3	38,2	281,0	109,6
30	639,0	625,6	615,3	48,4	481,0	169,0
35	723,2	670,8	650,0	52,1	556,5	356,5

Pengolahan Data

Analisis peleburan ini dilakukan pada percobaan ke 1 karena dinilai percobaan 1 dilakukan pada keadaan temperature normal, sehingga dianggap sangat cocok untuk menguji efisiensi kerja tungku.

Kalor untuk melebur Al (Q₁)

Banyaknya kalor untuk melebur Alumunium adalah;

Diketahui :

m_{Al} : 4,3 kg

C_p : 900 J/kg . °C

h : 403000 J/kg

ΔT_1 : $T_{lebur} - T_{ruang} = 660\ ^\circ C - 34,5\ ^\circ C = 625,5\ ^\circ C$

ΔT_2 : $T_{tuang} - T_{lebur} = 766,3\ ^\circ C - 660\ ^\circ C = 106,3\ ^\circ C$

Ditanya : Q_1 ?

Jawab

$$Q_1 = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$Q_1 = (m_{Al} \times C_{p1} \times \Delta T_1) + (m_{Al} \times h) + (m_{Al} \times C_{p2} \times \Delta T_2)$$

$$Q_1 = (4,3\ kg \times 900\ J$$

$$/kg^0C \times 625,5^0C)$$

$$+ (4,3\ kg \times 403000)$$

$$+ (4,3\ kg \times 900\ J$$

$$/kg^0C \times 106,3^0C)$$

$$Q_1 = (2420685\ J)$$

$$+ (1732900\ J)$$

$$+ (411381\ J)$$

$$Q_1 = 4564966\ J = 4564,96\ kj$$

Kalor yang di serap dinding (Q₂)

Diketahui :

C_p : 726,85 J/kg . °C

ΔT : $650\ ^\circ C - 52,1\ ^\circ C = 597,9\ ^\circ C$

ρ : 2300 kg/m³

D_1 : 658 mm = 0,658 m

$$D_2 : 646 \text{ mm} = 0,646 \text{ m}$$

$$t : 373 \text{ mm} = 0,373 \text{ m}$$

Ditanya : Q_2 ?

Jawab

$$Q_2 = m_d \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m_d = \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{lb}^2 - D_{db}^2) \times t_b \times \rho$$

$$m_d = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,658^2 - 0,646^2) \times 0,373 \times 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$m_d = 0,785 \times (0,432964 - 0,417316) \times 857,9$$

$$m_d = 10,10 \text{ kg}$$

Maka kalor yang diserap dinding adalah :

$$Q_2 = m_d \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_2 = 10,10 \text{ kg} \cdot 726,85 \text{ J/kg} \cdot 597,9^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 4389294,51 \text{ J} = 4389,29 \text{ kJ}$$

Kalor yang diserap Cawan (Q3)

Diketahui :

$$C_p : 450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T : 723,2^\circ\text{C} - 670,8^\circ\text{C} = 52,4^\circ\text{C}$$

$$\rho : 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$D_1 : 230 \text{ mm} = 0,23 \text{ m}$$

$$D_2 : 227 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$$

$$t : 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$$

Ditanya : Q_3 ?

Jawab

$$Q_3 = m_c \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m_c = \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{lb}^2 - D_{db}^2) \times t_b \times \rho$$

$$m_c = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,23^2 - 0,22^2) \times 0,3 \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$m_c = 0,785 \times (0,0529 - 0,0484) \times 2355$$

$$m_c = 8,31 \text{ kg}$$

Sehingga kalor yang diserap cawan lebur :

$$Q_3 = m_c \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_3 = 8,31 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot 52,4^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 195949,8 \text{ J} = 195,94 \text{ kJ}$$

Kalor yang diserap tutup (Q4)

Diketahui :

$$C_p : 450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T : 556,5^\circ\text{C} - 356,5^\circ\text{C} = 200^\circ\text{C}$$

$$\rho : 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$D : 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

$$x : 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$$

$$t : 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

Ditanya : Q_4 ?

Jawab

$$Q_4 = m_t \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m_t = \pi \times D \times t \times x \times \rho$$

$$m_t = 3,14 \times 0,25 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,002 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$m_t = 1,84 \text{ kg}$$

Sehingga kalor yang diserap oleh tutup adalah :

$$Q_4 = m_t \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_4 = 1,84 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot 200^\circ\text{C}$$

$$Q_4 = 165600 \text{ J} = 165,6 \text{ kJ}$$

Kalor Total (Qtotal)

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{total} = 4564,96 \text{ kJ} + 4389,29 \text{ kJ} + 195,94 \text{ kJ} + 165,6 \text{ kJ}$$

$$Q_{total} = 9315,79 \text{ kJ}$$

Efisiensi tungku

Untuk mengukur efisiensi tungku dapat dihitung dengan persamaan

$$Efficiency \ thermal = \frac{\text{panas dalam kowi}}{\text{panas total}} \times 100\%$$

$$Efficiency \ thermal = \frac{4564,96 \text{ kJ}}{9315,79 \text{ kJ}} \times 100\%$$

$$Efficiency \ thermal = 49\%$$

Waktu Percobaan

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk dapat melebur alumunium adalah:

$$q_c = \frac{K_c \cdot A_c}{\Delta x} (T_2 - T_1)$$

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,23^2 = 0,04 \text{ m}^2$$

Sehingga laju aliran pada cawan adalah ;

$$q_c = \frac{K_c \cdot A_c}{\Delta x} (T_2 - T_1)$$

$$q_c = \frac{50,2 \text{ W/m}^0\text{C} \cdot 0,04 \text{ m}^2}{0,002 \text{ m} - 670,8^0\text{C}} (723,2$$

$$q_c = \frac{2}{0,002 \text{ m}} (52,4^0\text{C})$$

$$q_c = 52400 \text{ watt}$$

$$q_c = 188640 \text{ kJ/jam}$$

Waktu untuk melebur alumunium dapat diketahui dari besarnya angka perbandingan antara kalor yang dibutuhkan untuk melebur alumunium dengan laju aliran kalor yang diterima oleh cawan lebur, yaitu :

$$t = \frac{Q}{q_c}$$

$$t = \frac{4564,96 \text{ kJ}}{188640 \text{ kJ/jam}}$$

$$t = 0,024 \text{ jam} = 1,44 \text{ menit}$$

Maka total dari proses pemanasan hingga pencairan logam alumunium dengan menjumlahkan waktu pemanasan ketika elemen pemanas mencapai suhu lebur 660 °C dan ditambah dengan waktu pencairan logam alumunium mencapai suhu 750°C, yaitu :

$$t = 30 \text{ menit} + 1,44 \text{ menit} \\ = 31,44 \text{ menit}$$

Setelah Melakukan pengujian dan perhitungan mengenai pembahasan tungku pelebur adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil keempat percobaan dapat disimpulkan bahwa percobaan ke 1 sampai 3 mengalami berbagai kendala

dan hambatan salah satunya proses penguangan itu sendiri, dan kemungkinan bias juga disebabkan pengaruh temperatur pada saat penguangan, karena pada percobaan ke 4 dengan temperatur tuang mencapai suhu 900°C tidak mengalami kecacatan gelembung.

2. Dari hasil perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk meleburkan 6 kg Aluminium adalah selama 31,44 menit sedangkan menurut waktu aktual yang diperoleh ketika percobaan adalah selama 35 menit, mungkin selisih perbedaan waktu tersebut bisa disebabkan banyak hal.
3. Hasil perhitungan banyaknya kalor untuk meleburkan Alumunium 6 kg yaitu 4564,97 kJ dan menghabiskan hingga 6,6 kg arang tempurung.
4. Dari hasil perhitungan efisiensi yang didapat dari kerja tungku sebesar 49%.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian pembuatan dan pengujian tungku. maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Proses pembuatan tungku dengan memanfaatkan limbah tempurung meliputi beberapa proses yaitu pembuatan dinding krusibel, saringan, tutup tungku, dan krusibel dengan melalui beberapa proses pemecahan seperti pemotongan, pengelasan, hingga pengerollan bentuk. Setelah proses pengujian semua bagian atau komponen dapat bekerja dengan maksimal, dan dapat dikatakan mampu proses karena tungku dapat meleburkan alumunium dengan sangat baik.
2. Hasil analisis dari data yang didapat dari pengujian tungku adalah :
 - a. Kalor untuk meleburkan alumunium 4,3 kg membutuhkan kalor sebesar 4564,96 KJ.
 - b. Waktu yang digunakan untuk meleburkan alumunium 4,3 kg adalah 35 menit secara aktual

sedangkan secara teoritis 31,44 menit.

- c. Efisiensi yang didapat dari kinerja tungku sebesar 49 %.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, I. M., Raharjo, W. P., & Surojo, E. (2014). Rancang Bangun Tungku Pencairan Logam Aluminium Berkapasitas 2 Kg Dengan Mekanisme Tahanan Listrik (Pengujian Performansi). *Mekanika*, 13(1).
- Akhyar, A. (2014). Perancangan dan Pembuatan Tungku Peleburan Logam Dengan Pemanfaatan Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar. *Prosiding Semnastek*, 1(1).
- Amir, Sushendi, Y., & Budiman, A. (2018). Proses Pembuatan Tungku Krusibel dan Peleburan Aluminium 2 kg/jam Menggunakan Bahan Bakar Gas LPG. *Prosiding Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco*, Subang.
- Holman, J. P. (1995). Perpindahan panas. *Edisi Keenam, Terjemahan Ir. E. Jasjfi*, Erlangga, Jakarta.
- Istana, B., Ridwan, A., & Rilnanda, A. (2017). Optimasi Tungku Peleburan Logam Aluminium Kapasitas 10 Kg Berbahan Bakar Oli Bekas Skala Laboratorium. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, 8(01), 167-173.
- Jamilatun, S. (2008). Sifat-sifat penyalaaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37-40.
- Nugroho, E., & Utomo, Y. (2017). Perancangan Dan Pembuatan Dapur Peleburan Aluminium Berbahan Bakar Gas (LPG). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(2).
- Purwanto, D. (2011). Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(1), 57-66.
- Leman, A., Tiwan, T., & Mujiyono, M. (2017). Tungku Krusibel dengan Economizer untuk Praktik Pengecoran di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 2(1), 21-27.
- Shinroku, S., & Surdia, T. (2013). Pengetahuan Bahan Teknik. Cetakan ke tujuh, Penerbit PT. Balai Pustaka, Jakarta.
- Surdia, T., & Chijiwa, K. (2013). Teknologi Pengecoran Logam, Cetakan ke sepuluh, Penerbit PT. Balai Pustaka, Jakarta.
- Wiyono, A., Riatna, D., & Nurkholis, I. (2018). Studi Eksperimen Efisiensi Tungku Peleburan Aluminium Dengan Briket Tempurung Kelapa Melalui Force Convection. *Subang, Indonesia: Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco*.