

PERANCANGAN TUNGKU INDUKSI TERHADAP UNTUK MELEBURKAN MATERIAL KOMPOSIT AL+ GRAPHEN + FLY ASH PADA TEMPERATURE MAKSIMUM 1100°C

Q.Hadi^{1*}, H.Alian¹ dan Z.Abidin¹Y.P Bangun¹

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: qoma2007@unsri.ac.id

ABSTRAK: Perancangan tungku induksi untuk melebur material komposit Al/Graphen/Fly-Ash telah dilakukan dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kebutuhan kalor yang dibutuhkan pada peleburan material komposit Al/Graphen/Fly-Ash dan efisiensi tungku induksi. Langkah pertama dilakukan perancangan komponen-komponen dari tungku induksi dengan memperhatikan kekuatan dan ketahanan material pada suhu 1100°C. Selanjutnya dilakukan analisa energi yang perlu dalam peleburan material komposit serta dilakukan analisa peleburan terhadap kenaikan suhu dan waktu yang dibutuhkan dalam melebur material komposit Al/Graphen/Fly-Ash. Selain itu juga dilakukan analisa efisiensi yang dihasilkan tungku. Dari penelitian ini didapatkan massa peleburan material komposit 300 gram kebutuhan kalor minimum untuk mencapai temperatur 1100°C sebesar 456,882 kJ dan efisiensi tungku induksi sebesar 78,4 %.

Kata Kunci: Komposit Al/Graphen/Fly-Ash, Peleburan, Tungku Induksi, Efisiensi

ABSTRACT: The design of the induction furnace for melting the Al/Graphen/Fly-Ash composite material has been carried out well. This research was carried out to analyze the heat requirements required for melting the AL/Graphen/Fly-Ash composite material and the efficiency of the induction furnace. The first step was to design the components- components of the induction furnace taking into account the strength and durability of the material at a temperature of 1100oC. Next, an analysis of the energy required to melt the composite material was carried out and a melting analysis was carried out regarding the increase in temperature and time required to melt the Al/Graphen/Fly Ash composite material. Apart from that, an analysis of the efficiency produced by the furnace was also carried out. From this research, it was found that the melting mass of composite material was 300 grams, the minimum heat requirement to reach a temperature of 1100°C was 456,882 kJ and the efficiency of the induction furnace was 78.4%.

Keywords: Al/Graphen/Fly Ash Composite, Smelting, Induction Furnace, Efficiency.

PENDAHULUAN

Pengecoran material komposit dengan campuran yang bervariasi memerlukan tungku peleburan yang baik, agar hasil produk yang sesuai dengan yang diharapkan. Tungku (*furnace*) adalah salah satu alat yang digunakan mencairkan atau meleburkan suatu material untuk menghasilkan suatu produk.

Pembuatan tungku dengan spesifikasi tertentu dan tujuan tertentu susah didapat, walaupun ada namun harganya relatif mahal dan harus di import dari negara lain, Tungku dengan menggunakan bahan bakar batubara, minyak atau gas banyak digunakan dalam industri pengecoran namun sumber bahan bakar tersebut terbatas dan perlu pengelolaan dengan biaya yang tidak sedikit. Selain itu tungku dengan

penggunaan bahan bakar tak terbarukan sebagai sumber energi dalam proses peleburan, memiliki banyak kekurangan diantaranya efisiensinya yang rendah, polusi udara dari hasil pembakaran tersebut banyak mengandung partikel atau asap yang dapat merusak kandungan aluminium yang dilebur (Schlesinger, 2013).

Oleh karena masalah dan kebutuhan spesifik untuk melebur material komposit maka dalam penelitian perlu adanya penelitian yang dapat menciptakan tungku peleburan material komposit khususnya material Al/Graphen/Fly-Ash yang tidak rumit, mudah portabel dan yang terpenting adalah harganya yang dapat bersaing, sehingga baik industri pengecoran skala rumah tangga ataupun skala laboratorium dapat terjangkau.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan tungku peleburan material komposit dalam skala laboratorium yang bertujuan untuk menunjang penelitian pengembangan pada pembuatan material komposit yang ringan kuat dan keras. Tungku yang dibuat merupakan tungku induksi magnetik, dengan temperatur peleburan 1100°C

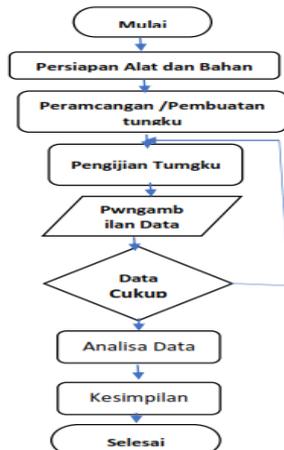
Tujuan Penelitian

Adapun tujuan daripada penelitian ini adalah

1. Menganalisa pengaruh induksi magnetik terhadap waktu minimal yang dibutuhkan dalam melebur material komposit *Al/Graphen/Fly-Ash* pada temperature 1100°C.
2. Menganalisa berapa besar energi yang dibutuhkan dalam peleburan material komposit *Al/Graphane/Fly-Ash* dengan menggunakan tungku induksi listrik.
3. Menganalisa seberapa besar efisiensi tungku induksi untuk mencapai temperature 1100°C.

METODELOGI PENELITIAN

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini perancangan alat dan pemilihan material. Perancangan alat dan pemilihan material dilakukan untuk membuat desain dan kesesuaian dengan kondisi dari tungku induksi. Bagian-bagian yang akan di desain meliputi dimensi, bentuk, bahan/material dan bagian kowi, lilitan koil, serta bahan isolasi tahan api. Elemen yang digunakan untuk pemanas dibuat dari lilitan koil tembaga yang melingkar pada sisi dinding luar kowi dimana banyaknya lilitan dan dimensi/diameter kawat setinggi kowi, volume maksimum kowi 500 mL dan diameter kowi 2 cm² sehingga energi kalor yang diterima lebih merata. Dengan alur penelitian seperti pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan dan Alat

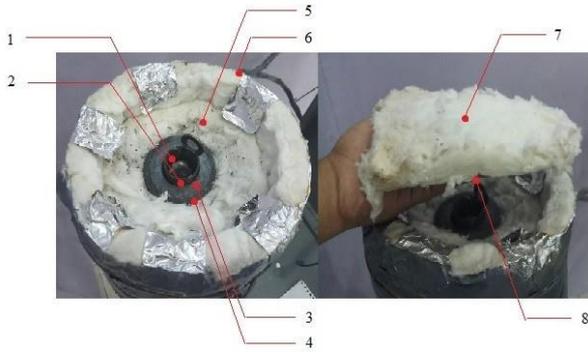
Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain material yang digunakan dalam peleburan ini adalah serbuk campuran aluminium, graphen dan *fly-ash*, *kaat* yang digunakan untuk pemanas menggunakan campuran tembaga 3/8 inci, *stopwatch*, *power supply* 12, 30A, *ceramic fiber blanket*, modul induksi 1800 watt, besi tempaan penopang kowi, MCB 20 A *temperature control*, kowi stainless 304 m *relay* 12V, 3A *thermocouple sensor*, kabel 1 x 2,5 mm, selongsong tahan panas, gerinda, tang, obeng, dan isolasi. Dan hasil perancangan tersebut.



Gambar 2. Tungku Induksi

Langkah- Langkah Pengambilan Data

1. Siapkan serbuk aluminium + graphen dan *fly-ash* yang telah ditimbang massanya dengan perbandingan fraksi volume 85%, 10%, dan 15 % lalu masukkan ke dalam kowi.
2. Letakkan sensor *thermocouple type K* ke dalam kowi.
3. Selanjutnya bagian atas tungku di tutup menggunakan tutup tungku, lalu tekan pada bagian pinggir tutup tungku agar semua energi panas didalam tungku tidak akan keluar pada saat peleburan.
4. Hubungkan kabel *power* ke sumber listrik dari tungku induksi ke *stop* kontak.
5. Dilanjutkan dengan menekan atau menaikkan *switch* pada MCB ke atas untuk menyalakan tungku induksi tersebut.
6. Lakukan pengaturan suhu sebesar 1100°C pada layar *display thermocontrol*.
7. Perhatikan dan catat *display thermocontrol* angka kenaikan suhu yang tertera setiap 5 menit hingga mencapai 1100°C.
8. Gunakan *thermocouple infrared* yang telah disiapkan untuk mengukur perubahan temperatur dari komponen- komponen di tungku induksi sesuai titik-titik yang telah ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik Pengujian

9. Selanjutnya kumpulkan data pengujian, dan matikan power tungku dengan cara menurunkan *switch* pada MCB lalu lepaskan kabel *power* yang tersambung pada stop kontak serta bersihkan tempat kerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

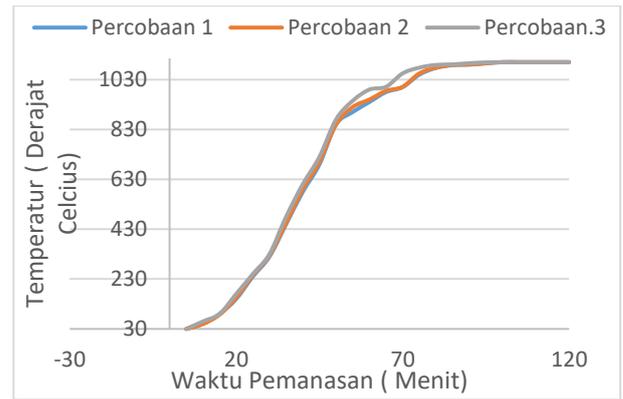
Hasil Perancangan Tungku Induksi

Tungku induksi listrik ini memiliki total 16 buah *power supply* 12V 60A yang mana akan menghidupkan sebuah modul induksi yang dapat menghasilkan daya maksimal hingga 1800 *watt* lalu dihubungkan dengan lilitan atau *koil* tembaga jenis 8 *inch*. Kowi atau cawan lebur yang digunakan berbahan *stainless steel* 304 dengan kapasitas lebur hingga 300 gram. Untuk mengatasi kalor yang hilang pada tungku induksi listrik ini menggunakan *ceramic fiber blanket* sebagai dinding tungku dan juga tutup tungku. Komponen sensor pengukur suhu pada tungku induksi listrik ini menggunakan *thermocouple type K* yang dihubungkan dengan *Thermocontrol* dengan *display* sehingga memudahkan dalam mengatur temperatur yang diinginkan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

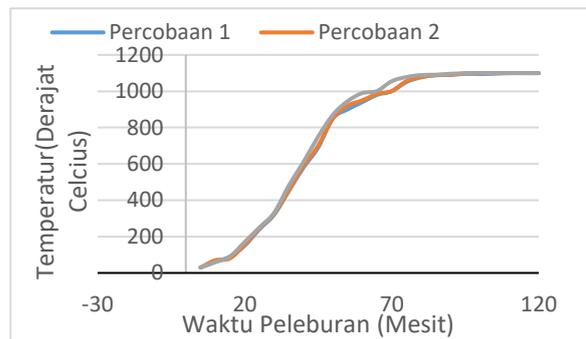


Gambar.4. Tungku Induksi Hasil Perancangan

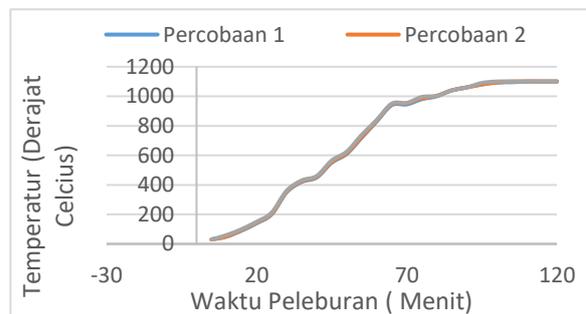
Hasil Pengujian Peleburan Aluminium/Gtaphen/ Fly Ash



Gambar 5. Grafik Peleburan Komposit AL/Graphen/Fly-Ash Massa 100 Gram



Gambar 6. Grafik Peleburan Komposit AL/Graphen/Fly-Ash Massa 200 Gram



Gambar 7. Grafik Peleburan Komposit AL/Graphen/ Fly-Ash Massa 300 Gram

Tabel 1. Waktu yang Dibutuhkan Untuk Melebur Material AL/Graphen/Fly-Ash

Massa (Gram)	Waktu Peleburan Sampai T 1100°C			
	Uji 1 Menit	Uji 2 Menit	Uji3 Menit	Rata-rata Menit
100	110	110	110	110
200	115	112,5	110	112,5
300	115	112,5	117,5	115

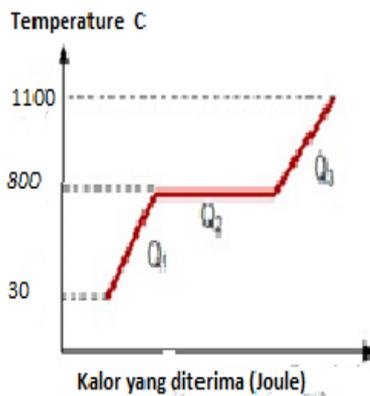
Tabel 2. Tabel Data Angka Rata-Rata Temperatur Komponen Tungku

No.	Komponen Tungku	T Bagian Dalam	T Bagian (°C)
1	Tutup Tungku	166	86
2	Kowi	1000	1000

3	Besi Penopang	591	583
4	Isolasi	228	55

Kalor Yang dibutuhkan Dalam Peleburan

Jumlah panas/kalor yang diperlukan dalam peleburan aluminium dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Pemanasan pada Tungku

Asumsi peleburan komposit (Zemansky, 1994) Kalor untuk mencairkan komposit (Q1). Angka temperatur lebur komposit berada di 900°C, namun untuk mengatasi pembekuan (solidifikasi) yang cepat, maka diambil temperatur yang lebih besar yaitu 1100°C dengan pertimbangan agar komposit yang terdiri dari bermacam campuran. Panas *latent heat fusion* adalah kalor yang diserap sebagai suatu perubahan fasa dari *liquid* ke *solid* atau sebaliknya pada proses temperatur konstan. Sehingga total energi yang diperlukan untuk melebur scrap aluminium:

$$Q_1 = Q_A + Q_B + Q_C = m_{al} [L_{al} + Cp_1 (T_{cair} - T_{konstan}) + Cp_2(T_{tuang})] \quad \dots\dots(1)$$

dimana :

- Q_A = Kalor untuk menaikkan temperatur ruang ke titik lebur komposit (J)
- Q_B = Kalor untuk melebur aluminium (J)
- Q_C = Kalor untuk menaikkan suhu (J)
- m_{al} = Berat scrap aluminium di dalam kowi, volume krusibel x berat jenis (kg)
- Cp_1 = *Specific heat* pada temperatur konstan (J/kg.°C)
- Cp_2 = *Specific heat* pada temperatur titik lebur (J/kg.°C)
- L_{al} = *Latent heat fusion* (kJ/kg)
- ΔT_1 = Perubahan suhu dari $T_{konstan}$ ke T_{cair} (°C)
- ΔT_2 = Perubahan suhu dari T_{cair} ke T_{tuang} (°C)

Tabel 3. Kalor yang Dibutuhkan dalam Peleburan Aluminium dengan 4 Variasi Massa.

No	Ma (gram)	$Q_1(kJ) = c_{Al} (T_2-T_1) + h + c_{Al} (T_3-T_2)$
1	100	358,382
2	200	501,176
3	300	710,588

Kalor yang hilang pada tutup tungku (Q2). Tutup tungku juga menyerap panas dibagian atas tungku, dapat dicari dengan berikut.

$$Q_2 = m_t \cdot Cp_3 \cdot \Delta T \quad \dots\dots(2)$$

$$Q_2 = V_{it} \cdot \rho_{it} \cdot c_{it} \cdot \Delta T$$

$$= 6,48 \times 10^{-6} m^3 \cdot 64 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 80^\circ\text{C}$$

$$= 3,317 \text{ kJ}$$

Kalor yang diserap kowi (Q3). Besarnya kalor yang diserap oleh kowi adalah

$$Q_3 = m_k \cdot Cp_3 \cdot \Delta T \quad \dots\dots(3)$$

$$= 0,212 \text{ kg} \cdot 477 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 5^\circ\text{C}$$

$$= 0,5 \text{ kJ}$$

dimana:

$$m_k = \text{Massa kowi (kg)}$$

Kalor yang diserap bahan isolasi tahan api (Q4). Bahan yang digunakan merupakan isolasi yang tahan terhadap temperatur peleburan. Kalor yang diterima bahan tersebut adalah

$$Q_4 = m_i \cdot Cp_4 \cdot \Delta T \quad \dots\dots(4)$$

$$= 263,76 \times 10^{-6} m^3 \cdot 7870 \text{ kg/m}^3 \cdot 447 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 8^\circ\text{C}$$

$$= 7,152 \text{ kJ}$$

dimana

- Cp_4 = Kalor jenis bahan isolasi termal (J/kg.°C)
- D_{id} = Diameter dalam isolasi (m)
- t_i = Tinggi dinding (m)
- x_i = Tebal dinding isolasi (m)
- ρ = Massa jenis isolasi (kg/m³)

Kalor yang diserap isolasi tahan api

$$Q_5 = V_{ita} \cdot \rho_{ita} \cdot c_{ita} \cdot \Delta T \quad \dots\dots(6)$$

$$= 7912,8 m^3 \times 10^{-6} \cdot 64 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 173^\circ\text{C}$$

$$= 87,61 \text{ kJ}$$

Dimana :

- Q_5 = Kalor yang diserap isolasi tahan api (kJ)
- V_{ita} = Volume isolasi tahan api (m³)
- ρ_{ita} = Massa jenis *ceramic fiber* (64 kg/m³)
- c_{ita} = Kalor jenis *ceramic fiber* (1000 J/kg°C)
- ΔT = Perubahan temperatur isolasi (°C)

Kalor total yang diserap (Q_{total}). Banyaknya kalor total ialah jumlah dari keseluruhan kalor yang terserap oleh bahan tungku.

$$\begin{aligned} Q_{total} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \dots\dots (6) \\ &= (358,32 + 7,152 + 0,5 + 3,317 + 87,61) \text{ kJ} \\ &= 456,899 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Efisiensi Tungku

Perhitungan efisiensi ini menunjukkan tingkat daya penggunaan tungku pada proses peleburan. Efisiensi dengan angka 100% akan terjadi jika keseluruhan energi yang diberikan ke dalam tungku dapat melebur skrap aluminium seutuhnya. Hal ini tidak akan mungkin tercapai, karena banyaknya kalor yang hilang dan harus diatasi oleh sistem pembakaran

Efisiensi energi (η) dari tungku peleburan adalah rasio energi produk terhadap *input* energi atau dapat dikatakan Efisiensi tungku dapat dicari dengan menghitung total kalor yang diserap kowi dan membaginya dengan jumlah total kalor yang dipakai atau *Energy efficiency*.

$$\begin{aligned} \eta &= (E_{product}/E_{input}) \times 100\% \\ &= (358,32/ 456,899) \times 100\% \\ &= 78,4 \text{ \%} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Pada peleburan Aluminium+Graphen+Fly-Ash memerlukan waktu paling lama 115 menit.
2. Dengan variasi massa yang berbeda akan mempengaruhi waktu dalam proses peleburan, semakin kecil massanya maka semakin cepat pula waktu untuk mencapai titik lebur.
3. Efisiensi yang diperoleh dalam peleburan Aluminium+Graphen+Fly-Ash dengan massa 300 gram menggunakan tungku induksi listrik dengan temperatur 1100°C sebesar 78,48%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan atas terlaksananya dan penelitian ini kepada :

1. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas dukungan dana hibah penelitian SATEKs dan PNBP FT.Unsri tahun anggaran 2023.
2. Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, I. M., Raharjo, W. P., dan Surojo, E. (2014). Rancang Bangun Tungku Pencairan Logam Aluminium

Berkapasitas 2 Kg dengan Mekanisme Tahanan Listrik (Pengujian Performansi). *Mekanika*. 13(1): 21-32.
Bhattacharya, S. K. (2009). *Fundamentals of Power Electronics*. New Delhi: Vikas Publishing House.

Cook, D. (2003). *The Theory of the Electromagnetic Field*. Winconsin: Courier Dover,

Ford, K. W. (1973). *Modern Physics*. San Francisco: Pearson Addison Wesley.

Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern manufacturing Materials, Processes, and Systems* (4 ed.). Danvers, MA: John Wiley & Sons, Inc.

Hadi, Q., dan Gunawan. (2010). Pengaruh Variasi Fraksi Volume Abu Terbang (Fly-Ash). *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*.

Lee, D. (2003). Exergy Analysis and Efficiency Evaluation for an Aluminium Melting Furnace in a Die Casting Plant. *A project report presented to Ryerson University*.

Nugroho, E., dan Utomo, Y. (2017). Perancangan dan Pembuatan Dapur Peleburan Aluminium Berbahan Bakar Gas (LPG). *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*.

Nukman, Mataram, A., dan Yani, I. (2015). Peleburan Skrap Aluminium pada Tungku Krusibel berbahan Bakar Batubara Hasil Proses Aglomerasi Air-Minyak Sawit. *Jurnal Mechanical*. 6(1): 6-14.

Ostwald, P., dan Muñoz, J. (1997). *Manufacturing Processes and Systems* (9th Edition). *John Wiley & Sons*, 48.