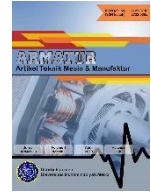


Contents list available at [Sinta](https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Rancang Bangun Tungku Peleburan Logam Non Ferro Dengan Sistem Induksi Berkapasitas 5 Kg

Sri Endah Susilowati^{1*}, Didit Sumardiyanto²^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Jakarta Utara, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Rancang bangun
Tungku induksi
Non ferro

ABSTRACT

Telah dilakukan rancang bangun tungku induksi listrik satu fase untuk melebur logam non ferro berkapasitas 5 kg. Tungku induksi listrik merupakan pelebur paling ideal selama komposisi muatan terkendali, termasuk kehandalannya dalam aksi pengadukan leburan membuat kehomogenan komposisi kimia tuangannya lebih baik. Emisi gas dan asap yang dihasilkan sangat rendah selama bahan masuk bersih secara fisis. Tungku dirancang dengan mempertimbangkan sistem tegangan dan arus listrik untuk mencapai temperatur peleburan. Rancangan tungku berbentuk cawan silinder dengan diameter bagian dalam 6,7 cm dan tinggi 15 cm. Suplai daya yang diberikan sebesar 1,32 KVA dan 2 KVA, energi yang dibutuhkan dalam peleburan 96 kJ. Hasil pengujian yang diperoleh peleburan induksi pada beban krusible kapasitas 5 kg berbahan grafit di peroleh kenaikan temperature maksimal $\Delta T = 575$ °C dan jumlah kalor $Q = 342,9$ kJ.

Pendahuluan

Latar Belakang

Tungku induksi merupakan salah satu alat untuk proses pemanasan logam yang saat ini banyak digunakan di lingkungan industri, yang mana alat ini digunakan untuk melebur atau memanaskan logam. Pemanasan induksi ditemukan oleh Michael

Faraday pada tahun 1831, dimana fenomena pemanasan induksi terjadi ketika suatu logam yang memiliki sifat kemagnetan terkena gelombang elektromagnetik dan akan menimbulkan induksi panas. Seiring perkembangan zaman, penemuan ini semakin berkembang dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar dari pembuatan pemanas induksi menggunakan energi listrik yang hasilnya memiliki efisiensi cukup baik dan lebih ramah

*Corresponding author: sri.endah@uta45jakarta.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i1.5316>

Received 16 January 2024; Received in revised form 20 March 2024; Accepted 20 March 2024

Available online 22 March 2024

lingkungan. Kini penemuan ini sering digunakan di industri peleburan logam, industri yang berkaitan dengan proses perlakuan panas pada logam dan kompor untuk rumah tangga[1].

Pemilihan tungku peleburan yang akan digunakan untuk mencairkan logam harus sesuai dengan bahan baku yang akan dilebur. Paduan aluminium, tembaga, timah hitam, dan logam ringan lainnya biasanya dilebur dengan menggunakan tungku peleburan jenis krusibel, sedangkan untuk besi cor menggunakan tungku induksi frekuensi rendah atau kupola. Tungku Induksi frekuensi tinggi biasanya digunakan untuk melebur baja dan material tahan temperatur tinggi. Industri logam khususnya peleburan dan pengecoran logam mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang pembangunan. Proses peleburan dan pengecoran logam dilakukan untuk mengubah logam dari fasa padat menjadi fasa cair dengan menggunakan suatu tungku peleburan[2]. Berdasarkan metode pembangkitan panasnya tungku dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Tungku pembakaran yang menggunakan bahan bakar, seperti : kokas, batu bara, bahan bakar minyak, arang dan gas.
2. Tungku yang menggunakan tenaga listrik.

Prinsip kerja tungku listrik adalah energi listrik diubah dengan bermacam- macam cara menjadi energi panas untuk memanaskan dan mencairkan logam. Tungku listrik yang digunakan untuk peleburan logam ada dua jenis, yaitu:

- a. Tungku Busur Api (Direct heat arc furnace), dimana pada tungku ini kutub positif dan kutub negative tanur dikontakkan sehingga timbul panas.
- b. Tungku Induksi (Indirect heat arc furnace), dimana kontak antara kedua kutub tersebut tidak langsung akan tetapi hubungan kedua kutub tersebut melalui muatan.

Peleburan logam dalam dapur listrik

merupakan cara yang paling baik dan menguntungkan. Penggunaan tungku listrik dalam pengecoran logam memiliki beberapa kelebihan antara lain : hasil peleburan bersih, mudah dalam mengatur atau mengendalikan temperatur, kondisi cairan homogen, efisiensi penggunaan energi panas tinggi serta dapat digunakan untuk melebur berbagai jenis material.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini yaitu bagaimana merancang dan membangun tungku induksi satu fase untuk peleburan logam non ferro berkapasitas 5 kg.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun atau membuat tungku peleburan dengan sistem induksi satu fase berkapasitas 5 Kg yang dapat digunakan untuk proses smelting mineral logam non ferro tergantung pada paduan yang ingin dihasilkan.

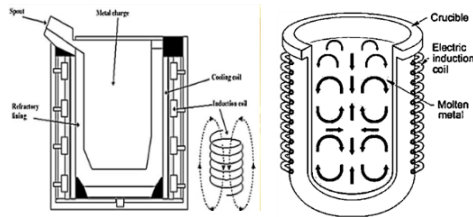
Dasar Teori

Prinsip Kerja Tungku Induksi

Sumber listrik digunakan untuk menggerakkan sebuah arus bolak balik atau yang biasa disebut dengan arus AC yang besar melalui proses transformator menjadi arus searah atau DC melalui sebuah kumparan induksi. Kumparan induksi ini dikenal sebagai kumparan kerja. Aliran arus yang melalui kumparan ini menghasilkan medan magnet yang sangat kuat dan cepat berubah dalam kumparan kerja. Benda kerja yang akan dipanaskan ditempatkan dalam medan magnet ini dengan arus DC yang sangat kuat. Ketika sebuah beban masuk dalam kumparan kerja yang dialiri oleh arus DC, maka nilai arus yang mengalir akan mengikuti besarnya sesuai dengan beban yang masuk.

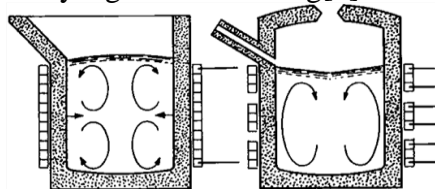
Medan magnet yang tinggi dapat menyebabkan sebuah beban dalam kumparan kerja tersebut melepaskan panas, sehingga panas yang ditimbulkan oleh beban tersebut dapat melelehkan material

yang ada didalam beban tersebut bahkan dapat juga melelehkan beban itu sendiri.



Gambar 1 Skematik dari tungku induksi satu fasa (a) dan tiga fasa (b)

Gambar 2.2 menunjukkan adanya *power coil* yang berfungsi merubah arus listrik menjadi panas. Jika kawat konduktor itu dibentuk kumparan dan di dekat kumparan tersebut diletakkan material yang dapat menghantarkan listrik (biasanya logam), maka logam tersebut akan menerima pengaruh garis gaya magnet lalu di dalam logam tersebut akan mengalir arus eddy. Arus eddy ini yang menyebabkan timbulnya pemanasan logam yang menyebabkan logam akan meleleh pada titik leburnya. Keunggulan tungku induksi diantaranya adalah gerakan pengadukan logam cair yang dihasilkan oleh arus induksi yang disebut stirring[3].



Gambar 2 Tungku Induksi

Arus listrik bolak-balik dari sebuah tenaga induksi mengalir ke dalam tungku yang terdapat lilitan sebuah coil yang terbuat dari pipa tembaga. Tungku induksi membutuhkan dua sistem elektrikal diantaranya yang pertama, untuk sistem pendinginan, instrumentasi, dan yang lainnya untuk Coil induksi. Keuntungan dari tungku induksi yaitu[4] :

1. Hasil peleburan bersih karena panas terjadi tanpa pembakaran.
2. Temperatur dapat diatur dan dikendalikan dengan mudah.
3. Komposisi cairan homogeny karena adanya gerakan stirring.

4. Efisiensi energi panas yang digunakan tinggi.
5. Dapat digunakan untuk melebur jenis material

Dalam penggunaan tungku induksi selain prinsip pemanasan dan pencairan logam hal penting yang harus diperhatikan adalah lapisan bahan tahan panas (*lining*) yang berfungsi sebagai krus. Jenis bahan dinding krusibel (*lining*) adalah refraktori yang memiliki sifat asam, basa atau netral dengan berbentuk bata api, krusibel, atau monolitik[5]. Material *lining* dengan konduktifitas termal yang tinggi menyebabkan kehilangan panas berlebih dan lamanya waktu sintering akan membutuhkan konsumsi energi yang besar untuk pemanasan awal sehingga tidak efisien. Instalasi *lining* yang tidak tepat dapat menyebabkan kegagalan diawal proses[6]. Oleh karena itu penentuan *lining* sangat penting untuk diperhatikan agar mendapatkan hasil yang optimal terhadap energi yang digunakan.

Ukuran Pemanasan dari Tungku Peleburan Induksi

Salah satu yang penting dalam mendesain peleburan induksi adalah pengukuran pemanasan yang berupa panas (kalor). Dengan mengetahui panas yang dihasilkan maka dapat diperkirakan penerapan material yang akan dilebur dengan menggunakan alat tersebut. Kalor dapat didefinisikan sesuatu yang dipindahkan di antara suatu sistem dan lingkungan nya sebagai akibat perbedaan temperature (suhu)[7]. Faktor yang mempengaruhi desain pemanasan dari tungku peleburan induksi :

1. Desain dan kapasitas tungku peleburan.
2. Kapaitas sumber daya yang digunakan.

Dibawah ini adalah persamaan dalam mendapatkan besar kalor pada peleburan induksi.

$$Q = m.c. \Delta T$$

Keterangan :

Q = Kalor (kalori)

ΔT = Kenaikan suhu ($^{\circ}C$)

m = Massa inti besi (gr)

c = kalor jenis besi (0,11 kal/g $^{\circ}C$)

Maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut[8] :

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \text{ menjadi } Q_h = P \cdot \Delta t$$

Keterangan :

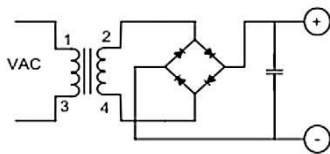
P = Daya (watt)

Q_h = Kalor yang dihasilkan (joule)

Δt = Waktu/detik[2]

Rangkaian Transformator

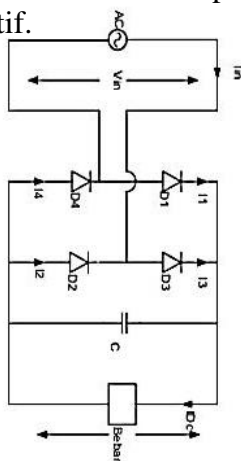
Transformator berfungsi sebagai pembangkit arus bolak balik dan kumparan kerja. Rangkaian transformator ini merupakan rangkaian pendukung namun sangat diperlukan.



Gambar 3 Rangkaian Transformator

Rangkaian Penyearah

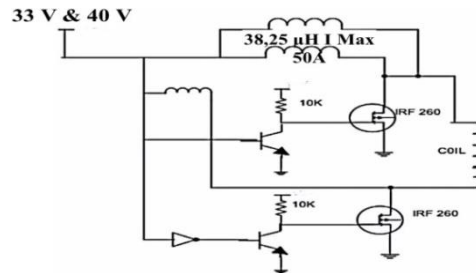
Penyearah (*rectifier*) berfungsi untuk mengubah besaran AC menjadi besaran DC. Gelombang penuh dengan menggunakan 4 diode yang dipasang pada sisi siklus positif dan sisi siklus negatif.



Gambar 4 Penyearah 1 fasa gelombang penuh dengan kapasitor

Rangkaian Daya

Rangkaian daya pada peleburan induksi ini merupakan rangkaian daya yang mampu untuk mengkonversi besaran listrik dari searah menjadi besaran komponen daya yaitu mosfet, diode, inductor. Seperti gambar berikut ini :

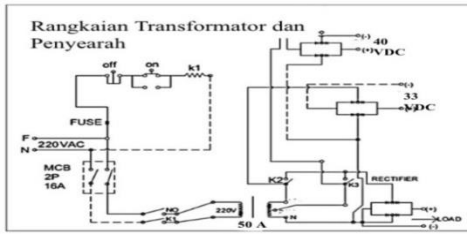


Gambar 5 Rangkaian Daya

Metode Penelitian

Desain Rangkaian Transformator dan Penyearah

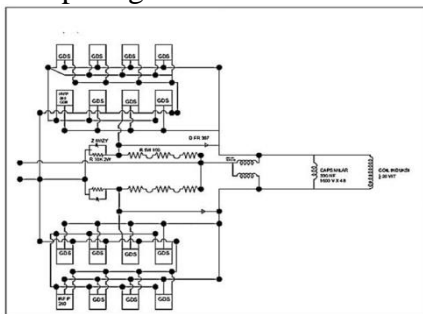
Transformator berfungsi menurunkan tegangan dari 220 V ke 33 V dan 40 V . untuk kuat arus berkapasitas 50 A yang berfungsi untuk menyearahkan arus listrik keluar dari trafo, trafo yang digunakan yang memiliki 10 jalur lilitan sekunder. Dimana trafo tersebut terdiri dari dua kumparan besi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Secara fisik kedua kumparan tersebut tidak terhubung tetapi dihubungkan oleh medan magnet. Untuk meningkatkan induksi magnetic antara dua kumparan maka ditambahkan inti besi. Untuk perancangan transformator yang berfungsi sebagai *power supply* pada alat peleburan induksi ini digunakan transformator *step down*. Penyearah (*rectifier*) berfungsi untuk mengubah besaran AC menjadi besaran DC. Gelombang penuh dengan menggunakan 4 diode yang dipasang pada sisi siklus positif dan sisi siklus negatif.



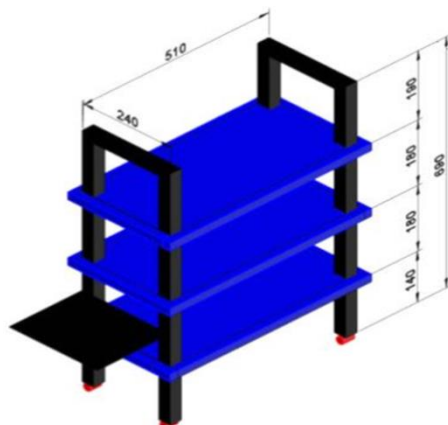
Gambar 6 Desain Rangkaian

Desain Rangkaian Driver dan Daya

Rangkaian driver terdiri dari susunan beberapa mosfet. Struktur dari sebuah transistor efek-medan semi konduktor-logam-oksida (MOSFET) adalah berdasarkan pada modulasi konsentrasi muatan oleh kapasitansi MOS di antara electrode badan dan electrode gerbang yang terletak di atas badan dan diisolasi dari semua daerah peranti dengan sebuah lapisan dielektrik gerbang yang dalam mosfet adalah oksida, seperti silikon dioksida[5]. Rangkaian daya pada peleburan induksi ini merupakan rangkaian daya yang mampu untuk mengkonversi besaran listrik dari searah menjadi besaran komponen daya yaitu mosfet, diode, inductor. Seperti gambar berikut ini :

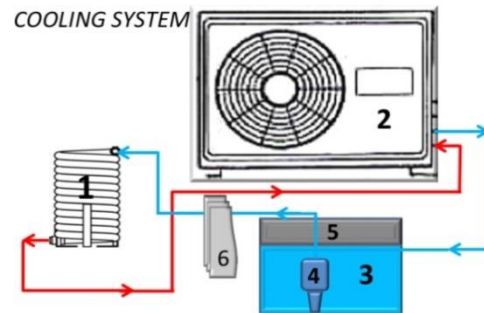


Gambar 7 Desain Rangkaian Driver dan Daya



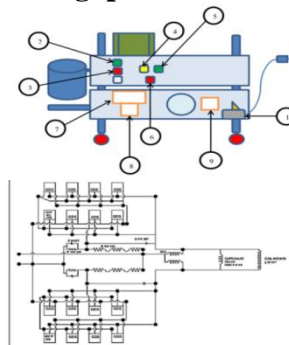
Gambar 8 Desain Rak

Desain Pendingin



Gambar 9 Desain Sistem Pendingin

Desain Pengoperasian Alat



Gambar 10 Skema pengoperasian

Keterangan :

1. MCB
2. Push Bottom On AC 220 V
3. Push Bottom Off AC 220 V
4. Push Bottom On 33 VDC
5. Push Bottom On 40 VDC
6. Push Bottom Off DC
7. Display indikator temperatur krusible
8. Display indikator DC Amper
9. Display indikator AC Amper

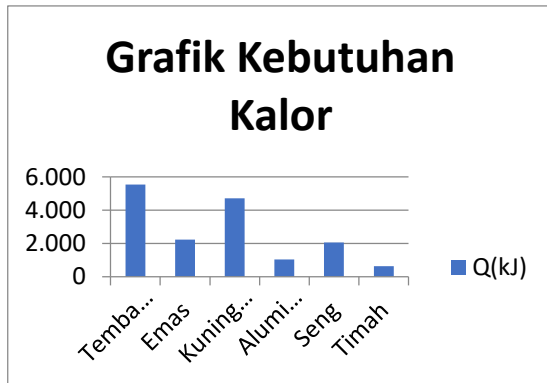
Data dan Analisis

Kebutuhan Kalor dan Daya

Rancang bangun alat peleburan induksi yang menggunakan solenoid ini akan dapat dikatakan berhasil apabila sudah dapat mencapai panas pada temperatur yang dibutuhkan sehingga panas yang dihasilkan dapat melebur material yang berada didalam krusible. Dalam pengujian peleburan induksi ini dilakukan pemanasan terhadap krusible yang terbuat dari bahan grafit berkapasitas 5kg.

Kebutuhan Kalor dan Daya

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan untuk beberapa jenis logam *non ferro* maka dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan sebagai berikut.



Gambar 11 Grafik Kebutuhan Kalor

Data dan Perhitungan Pengujian Alat



Gambar 11 Tungku Peleburan Induksi



Gambar 12 Proses Peleburan Timah

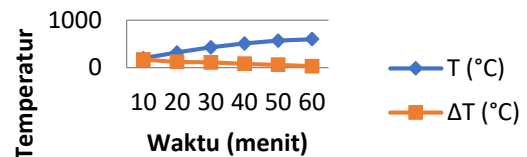
Material yang digunakan untuk dilebur adalah Timah, Daya (P) yang digunakan pada tungku induksi selenoide coil menggunakan 2000 watt, dengan Besar tegangan (V) 40, Kuat Arus (I) 50A dan temperatur ruang 27°C. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dalam kurun waktu 60 menit terhadap tungku induksi dengan diberikan beban Krusible dan

Timah, maka didapatkan data-data sebagai berikut :

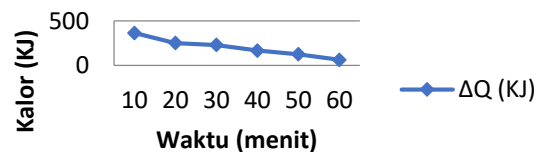
Tabel 1. Pencapaian Temperatur dan Kalor

T (Menit)	Temperatur (°C)	ΔT (°C)	ΔQ (kJ)
10	200	173	365
20	320	120	253
30	430	110	231
40	510	80	168
50	570	60	126
60	600	30	63

Dari table diatas didapat ΔT dan Q terhadap waktu. Hasil pengujian dan perhitungan tersebut dituangkan dalam bentuk grafik berikut ini :



Gambar 11 Grafik Pencapaian Temperatur dan ΔT



Gambar 12 Grafik Peningkatan Kalor ΔQ

Dari grafik hasil pengujian didapat temperatur pada krusible terus meningkat seiring bertambah nya waktu, tetapi selisin peningkatan temperatur (ΔT) dan selisih peningkatan kalor (ΔQ) mengalami penurunan. Penurunan yang terjadi pada ΔT dan ΔQ disebabkan oleh rugi-rugi kalor dan temperature yang terlepas karena tidak adanya isolasi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Telah berhasil dirancang bangun seperangkat tungku peleburan induksi yang mampu berfungsi untuk melebur logam non ferro dengan temperature maksimum 600°C dan daya yang digunakan 2 KW. Perubahan besar Daya Kerja (Voltage dan Amper) mempengaruhi frekuensi induksi yang terjadi sehingga mempengaruhi dalam pencapaian temperatur. Pengujian

peleburan induksi pada beban krusible kapasitas 5 Kg berbahan grafit di peroleh kenaikan suhu $\Delta T = 575\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan jumlah kalor $Q = 342.930$ Joule. Kenaikkan suhu dan jumlah kalor bertambah seiring bertambah nya waktu, namun kecepatan pemanasan semakin berkurang seiring dengan kenaikan suhu karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak energy panas yang terbuang kelingkungan sekitar yang suhunya lebih rendah. Pengujian peleburan induksi pada beban krusible kapasitas 5 Kg berbahan grafit di peroleh kenaikan suhu $\Delta T = 575\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan jumlah kalor $Q = 342.930$ Joule. Kenaikkan suhu dan jumlah kalor bertambah seiring bertambah nya waktu, namun kecepatan pemanasan semakin berkurang seiring dengan kenaikan suhu karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak energy panas yang terbuang kelingkungan sekitar yang suhunya lebih rendah.

Saran

Dilanjutkan pengujian-pengujian lebih banyak lagi untuk setiap jenis logam *non ferro*, dengan pemanasan yang mencapai temperature kerja. Dalam perancangan peleburan induksi menggunakan solenoid ini sebaiknya harus memperhatikan frekuensi. Hal ini disebabkan frekuensi merupakan sumber utama untuk menghasilkan intensitas fluks magnetic yang tinggi. Dengan pengembangan dan penyempurnaan sistem dari alat ini akan dapat meningkatkan hasil kerja dari alat ini. Pengembangan dan penyempurnaan yang dapat dilakukan dengan memperbesar daya atau kapasitas voltage dan amper dari trafo yang digunakan.

Referensi

- [1] BCS, "Advanced melting technologies : energy saving concepts and opportunities for the metal casting industry," *ITP Met. Cast.*, no. November, p. 46, 2005
- [2] SYAHRIL, A. (2020). Rancang Bangun Dapur Peleburan Logam *Ferro Dan Non Ferro* (Proses Pembuatan), Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [3] H. Sandyko, "Pengaruh Perlakuan Panas Menggunakan Induction Heater Terhadap Kekerasan Material Baja ST 37 Skripsi Pengaruh Perlakuan Panas Menggunakan Induction Heater Terhadap Kekerasan Material Baja St 37," 2021.
- [4] Sundari, E. (2011). Rancang bangun dapur peleburan alumunium bahan bakar gas. *AUSTENIT*, 3(01).
- [5] Surdia, T. (1999). Pengetahuan bahan teknik.
- [6] Prayitno, D. (2010). Teknologi Rekayasa Material. *penerbit Universitas Trisakti. Jakarta-Indonesia.*
- [7] Wati, R. A. (2000). Desain Dan Analisa Pemanas Induksi. *UKS: Semarang.*
- [8] Tipler, P. A. (1998). Fisika untuk sains dan teknik. *Jakarta: Erlangga, 1(2), 3.*

Referensi berupa laman internet:

- [1] Informasi dari <http://www.weld.labs.gov.cn> (diakses pada hari-bulan-tahun