

## TUGAS AKHIR

# Fabrikasi dan Pengujian Spesimen Tungku Elektrik Pelebur Logam Aluminium Skala Laboratorium Berbasis *Internet of Things (IoT)*

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan  
Tahap Sarjana

AGUSTI RANDA AHMAD

NIM: 15250009



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS DHARMA ANDALAS  
PADANG

2021

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agusti Randa Ahmad  
NIM : 15250009  
Tempat & Tanggal Lahir : Padang, 19 Agustus 1996  
Judul TA : Fabrikasi dan Pengujian Spesimen Tungku  
Elektrik Pelebur Logam Aluminium Skala  
Laboratorium Berbasis *Internet of Things*  
(*IoT*).

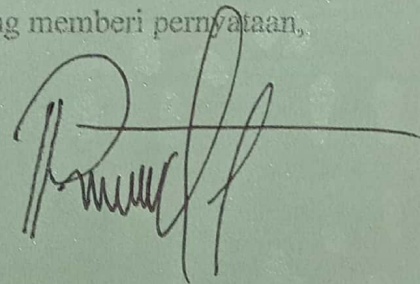
Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Laporan TA ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan lain yang tercantum sebagai bagian dari laporan TA ini. Seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Dharma Andalas.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Padang, 25 Desember 2021

Yang memberi pernyataan,



Agusti Randa Ahmad

NIM. 15250009



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR**

“Fabrikasi dan Pengujian Spesimen Tungku Elektrik Pelebur Logam  
Aluminium Skala Laboratorium Berbasis *Internet of Things (IoT)*”

NAMA : AGUSTI RANDA AHMAD  
NO. BP : 15250009  
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN S1

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



SANNY ARDHY, ST., MT

NIDN. 1016068101

Koordinator Tugas Akhir



SANNY ARDHY, ST., MT

NIDN. 1016068101

**UNIVERSITAS DHARMA ANDALAS**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**KEKHUSUSAN PRODUKSI**

Skripsi ini telah diuji di hadapan sidang sarjana Program Studi Teknik Mesin Universitas Dharma Andalas pada 28 Agustus 2021 dan telah dinyatakan :  
**LULUS**

Tim Penguji :

Ketua : Islahuddin, ST., MT

Anggota : 1. Dr.Eng. Ilhamdi, M.Eng  
2. Meiki Eru Putra, ST., MT  
3. Angga Bahri Pratama, S.Pd, MT

## ABSTRAK

*Peleburan logam sangat penting untuk menunjang pembangunan industri di Indonesia, khususnya untuk industri kecil, guna mengurangi ketergantungan produk impor dan membuka lapangan kerja. Proses peleburan logam masih dilakukan secara manual, ini memiliki kelemahan diantaranya risiko tinggi dan waktu pengerjaan lama, sulit dikontrol dan dimonitor. Karena itu, perlu diciptakan tungku peleburan logam berbasis otomasi agar mudah dikontrol dan dimonitor melalui perangkat android, serta memiliki proses peleburan yang cukup cepat dan lebih aman saat digunakan.*

*penelitian ini dilakukan menggunakan metoda eksperimen, dimana penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu proses pembuatan alat menggunakan semen refractory, dan proses pengujian spesimen aluminium. Lalu membuat alat sesuai dengan desain yang telah dilakukan. Selain itu juga menggunakan alat ukur Thermometer Gun Infrared Wintact WT323D untuk mengetahui keakuratan dan kepersisian dari sensor yang digunakan pada alat tersebut.*

*Penelitian ini berhasil merancang suatu alat yang mampu menahan temperatur tinggi dan tidak merusak komponen lainnya pada alat tersebut. Serta hasil monitoring pada saat dilakukannya pengujian spesimen yang mana pada saat temperatur mencapai  $700^{\circ}\text{C}$  alat akan menahan panas hingga spesiemn uji melebur dengan sempurna. Untuk mencapai tempeartur  $700^{\circ}\text{C}$  dalam rentang waktu peleburan 47 menit 8 detik.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan pembuatan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Fabrikasi dan Pengujian Spesimen Tungku Elektrik Pelebur Logam Aluminium Skala Laboratorium”**.

Proses pembuatan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak, baik secara moril maupun materil. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda beserta adik-adik dirumah, terimakasih atas doa, kasih sayang, perhatian, kesabaran serta dukungan kepada penulis.
2. Bapak Zulkifli Amin, Ph.D., selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Dharma Andalas.
3. Bapak Sanny Ardhy, ST., MT., selaku Kordinator Tugas Akhir. Terima kasih atas sumbangsih baik bimbingan dan wawasan yang telah bapak berikan.
4. Bapak Sanny Ardhy, ST., MT, selaku pembimbing yang telah memberikan wawasan dan bimbingan kepada penulis selama melakukan tugas akhir ini.
5. Muhammad Ridho dan Nasri Rais sebagai teman satu tim dan serta seluruh teman-teman yang selalu membantu selama melakukan penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan yang dimiliki penulis. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak yang bersifat membangun demi penyempurnaan laporan ini.

Padang, 19 Agustus 2020

Agusti Randa Ahmad

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tungku Peleburan .....	5
2.1.1 Tungku Listrik (Electric) .....	5
2.1.2 Lapisan Tahan Panas (Refractory) .....	6
2.2 Bahan-Bahan Pembuatan Dapur Pelebur Aluminium .....	8
2.3 Struktur dan Sifat-Sifat Aluminium.....	9
2.4 Diagram Fasa $Fe_3C$ .....	11
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>16</b>
3.1 Flowchart.....	16
3.2 3.2 Prosedur Penelitian .....	17
3.3 Tempat fabrikasi .....	17
3.4 Identifikasi kebutuhan .....	18
3.4.1 Desain Tungku Elektrik .....	18
3.4.2 Pemilihan Bahan .....	19
3.4.3 Pemilihan Proses .....	24
3.4.4 Persiapan Alat dan Bahan .....	24
3.4.5 Proses Fabrikasi .....	25
3.5 Peralatan Pengujian .....	29
3.6 Tahapan Proses Pengujian.....	29

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Pemilihan bahan .....	31
4.1.1 Pemilihan bahan kerangka alat.....	31
4.1.2 Pemilihan semen <i>refractory</i> .....	31
4.1.3 Pemilihan Kowi.....	32
4.1.4 Pemilihan kawat nikelin .....	32
4.2 Proses Fabrikasi .....	33
4.3 Hasil Fabrikasi .....	34
4.4 Pengujian spesimen.....	36
4.5 Variasi Volume Terhadap Waktu dan Temperatur .....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>44</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Aluminium.....	9
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Mikro Aluminium.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Diagram Fasa Fe <sub>3</sub> C .....	12
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> .....	16
<b>Gambar 3.2</b> Desain Tungku Elektrik .....	18
<b>Gambar 3.3</b> Semen <i>Refractory</i> .....	21
<b>Gambar 3.4</b> Kowi .....	22
<b>Gambar 3.5</b> Kawat Nikelin.....	23
<b>Gambar 3.6</b> Desain Kerangka.....	25
<b>Gambar 3.7</b> Pelindung ( <i>Cover</i> ) Lapisan Dinding Tahan Api.....	27
<b>Gambar 3.8</b> Lapisan Dinding Tahan Api.....	27
<b>Gambar 4.1</b> Tungku Elektrik Pelebur Logam .....	34
<b>Gambar 4.2</b> Pelindung ( <i>Cover</i> ) Lapisan Dinding .....	35
<b>Gambar 4.3</b> Lapisan Dinding Tahan Api.....	35
<b>Gambar 4.4</b> Kawat Nikelin.....	35
<b>Gambar 4.5</b> Box Pengontrolan .....	36
<b>Gambar 4.6</b> Grafik .....	36

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Sifat Fisik Aluminium .....	11
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Bahan .....	19
<b>Tabel 3.2</b> Matrik Pemilihan Bahan Rangka.....	20
<b>Tabel 3.3</b> Matrik Pemilihan Semen <i>Refractory</i> .....	20
<b>Tabel 3.4</b> Matrik Pemilihan Bahan Kowi.....	22
<b>Tabel 3.5</b> Matrik Pemilihan Bahan Kawat Nikelin .....	23
<b>Tabel 3.6</b> Spesifikasi Alat.....	25

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Limbah logam yang paling banyak ditemui adalah limbah besi, baja, dan aluminium karena jenis logam ini yang banyak digunakan oleh manusia. Logam sangat memungkinkan untuk didaur ulang. Aluminium adalah limbah yang sangat banyak ditemukan pada saat ini.

Berdasarkan uraian masalah tersebut maka diperlukan sebuah tungku peleburan logam yang hemat energi, sederhana, dan mudah pembuatannya sehingga dapat digunakan oleh industri-industri pengecoran logam aluminium skala kecil. Tungku dengan sumber listrik, hal utama yang wajib diperhatikan selain prinsip pemanasan dan pencairan pada penggunaan tungku peleburan adalah lapisan bahan tahan panas (*lining*) yang berfungsi sebagai isolasi yang tahan terhadap temperatur tinggi. Kualitas *lining* perlu diperhatikan, karena kualitasnya sangat berperan terhadap fungsi, keselamatan kerja, metalurgi peleburan dan efisiensi. Apabila *lining* mengalami suatu masalah maka tungku tersebut tidak dapat dioperasikan sehingga berakibat tidak berjalannya operasi pada industri pengecoran logam.

Pada penelitian sebelumnya, penggunaan *lining* ini banyak menggunakan bahan yang tidak mampu untuk menahan temperatur dari peleburan aluminium. Disini kesalahan yang dilakukan adalah pemilihan dan penggunaan tipe dari semen *Refractory* sehingga menyebabkan rusaknya dinding yang akan menahan panas pada tungku peleburan. Oleh karena itu, penulis memerlukan dinding pelapis yang mampu menahan temperatur yang sangat tinggi. Maka penulis akan menggunakan tipe semen *refractory* C-16 yang memiliki titik lebur mencapai 1600°C.

Ighodalo, dkk (2011), melakukan penelitian berjudul “*Performance Evaluation of The Local Charcoal-fired Furnace for Recycling Aluminium*”. Penelitian itu bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari tungku yang berbahan bakar batubara dengan suhu maksimal 698 °C. Pada penelitian tersebut membutuhkan waktu 32 menit untuk meleburkan 15 kg aluminium dan energi

yang ditimbulkan dari 3,3 kg batubara sebesar 100,7 MJ. Efisiensi dari tungku tersebut sebesar 11.5 persen. Kekurangan dari alat ini adalah susahnya mendapatkan batubara serta harganya yang mahal, dan saat dilakukan pembakaran pada batu bara akan mengeluarkan asap yang dapat menyebabkan polusi udara.

Muhammad, dkk. (2016), melakukan penelitian berjudul “Pengujian Awal Kinerja Tungku Pengecoran Logam Aluminium *Matrix Composite* dengan Bahan Bakar Gas LPG”. Tungku ini mampu melebur 5 kg Aluminium dengan suhu 800 °C dalam waktu 3000 detik atau 50 menit dengan efektifitas 1,12 kg LPG/kg aluminium. Kekurangan dari alat ini adalah lapisan dinding yang tidak mampu menahan temperatur tinggi sehingga mengakibatkan rusak lapisan dinding pada tungku.

Suprastiyo, dkk. (2016), melakukan penelitian berjudul “Pembuatan *Electric Furnace* Berbasis *Microcontroller*”. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat tungku listrik dengan fungsi utama proses pemanasan lebih akurasi terjaga waktu dan dapat diatur secara otomatis melalui LCD. Tungku ini mampu mencapai suhu maksimal 1000 °C dengan waktu 5 jam 15 menit. Kekurangan dari alat ini adalah waktu yang sangat lama karena arus listrik yang digunakan sangat rendah sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk meleburkan sebuah spesimen uji.

Karena banyak kekurangan dari penelitian di atas. Disini penulis akan melakukan penelitian tentang tungku yang mana lapisan dindingnya mampu menahan temperatur tinggi pada saat alat digunakan, dan mampu meleburkan aluminium dengan waktu yang tidak terlalu lama, serta tidak akan menyebabkan polusi udara terhadap lingkungan. Oleh karena itu disini penulis akan melakukan penelitian tentang **“Fabrikasi dan Pengujian Spesimen Tungku Elektrik Pelebur Logam Aluminium Skala Laboratorium Berbasis *Internet of Things (IoT)*”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang di atas yaitu:

1. Dapat mengetahui tahapan proses pengerjaan pada alat tungku elektrik.

2. Mengetahui kemampuan maksimal ketahanan semen *refractory* tipe C-16 untuk menahan panas sehingga dapat meleburkan aluminium.
3. Melakukan pemilihan bahan kawat yang mampu menghantarkan temperatur sehingga mampu untuk meleburkan aluminium pada tungku peleburan aluminium.
4. Mengetahui titik lebur pada spesimen uji aluminium.
5. Mengetahui tahapan proses pengujian yang akan dilakukan.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan tahapan proses yang akan digunakan pada saat dilakukannya pembuatan alat tungku elektrik pelebur aluminium.
2. Memilih bahan lapisan tahan panas yang tepat untuk pembuatan alat tungku elektrik peleburan aluminium sehingga tidak akan merusak lapisan dinding pada tungku.
3. Mengetahui apakah kawat nikelin mampu untuk mengantarkan temperatur sehingga dapat meleburkan aluminium nantinya.
4. Aluminium memiliki titik lebur 620°C.

### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan tahapan proses pembuatan alat tungku elektrik pelebur aluminium.
2. Mendapatkan lapisan tahan panas yang tepat sehingga temperatur tinggi pada tungku tidak akan merambat keluar dari tungku agar aman pada saat alat digunakan.
3. Mendapatkan tipe dari kawat nikelin yang mampu menghantarkan panas yang dapat meleburkan aluminium pada tungku.
4. Mendapatkan data pengujian yang dilakukan pada spesimen uji aluminium.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Lapisan tahan api yang digunakan adalah semen *refractory* C-16.



2. Wadah peleburan aluminium menggunakan kowi berkapasitas 5 kg.
3. Tungku elektrik ini dikontrol dengan *internet of things* (IoT).
4. Pengujian ini membahas mengenai proses manufaktur dan pengujian spesimen aluminium.
5. Suhu awal yang sering berubah-ubah karena keadaan lingkungan pada saat pengujian.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini ditulis dengan lima bab, sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**  
Berisikan tentang latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, sistematika penulisan.
- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**  
Berisikan tentang teori dasar & studi literatur Tungku Elektrik Peleburan Logam Berbasis Otomasi.
- **BAB III METODOLOGI**  
Berisikan tentang metode yang dilakukan dalam pembuatan alat.
- **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**  
Bab ini membuat penjelasan tentang hasil analisa lapangan, penyebab masalah, serta penanggulangan masalah.
- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**  
Mencakup ringkasan pembahasan perencanaan dan pelaksanaan tugas akhir pada bab-bab sebelumnya.
- **DAFTAR PUSTAKA**  
Berisikan tentang sumber referensi dari penerbit yang diambil.
- **LAMPIRAN**  
Berisikan tentang data-data penunjang pada penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tungku Peleburan**

Dalam proses pengecoran logam, tahapan peleburan untuk mendapatkan logam cair pasti akan dilakukan dengan menggunakan suatu tungku peleburan dimana material bahan baku dan jenis tungku yang akan digunakan harus disesuaikan dengan material yang akan dilebur [1].

Tungku yang paling banyak digunakan dalam pengecoran ada lima jenis yaitu, tungku kupola, tungku pengapian langsung, tungku kursibel, tungku busur listrik, dan tungku induksi [1].

Pemilihan tungku tergantung pada beberapa faktor yaitu:

1. Paduan logam yang akan dicor.
2. Temperatur lebur dan temperatur penuangan.
3. Kapasitas dapur yang dibutuhkan.
4. Biaya operasi.
5. Pengoperasian.
6. Pemeliharaan.
7. Polusi terhadap lingkungan.

##### **2.1.1 Tungku Listrik (*Electric*)**

Tungku listrik adalah peralatan yang digunakan untuk proses pembuatan atau peleburan logam, dimana logam dipanaskan dan dicairkan dengan panas yang berasal dari kumparan tembaga yang berada di sekitar tungku peleburan. Tungku elektrik memiliki beberapa keunggulan diantaranya lingkungan tetap bersih, tidak menimbulkan asap akibat dari pembakaran, mudah dalam mengatur dan mengendalikan temperatur efisiensi pembakaran yang tinggi dan mudah dipindahkan [2].

Listrik telah digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk peleburan *skrap* Aluminium dalam beberapa waktu. Tungku listrik peleburan *skrap* ditemukan di Amerika Serikat pada tahun 1918, setelah itu baru digunakan di

eropa. Tungku listrik memiliki keunggulan penting atas tungku bahan bakar fosil untuk mencairkan potongan Aluminium. Yang paling penting adalah logam tetap bersih karena tidak ada produk pembakaran di lingkungan tungku listrik, kotoran logam yang ikut dilebur jauh lebih sedikit sehingga kerugian dalam melebur logam menjadi lebih rendah. Tungku listrik umumnya lebih efisien dari pada menggunakan gas atau bahan bakar minyak, terutama dalam ukuran yang lebih kecil. Meskipun tungku listrik lebih efisien, pada tungku listrik akan lebih sulit untuk menentukan kapasitas pencairan dari pada tungku *reverberator* dalam skala besar [2].

Proses peleburan dan pengecoran logam untuk mengubah logam dari fasa padat menjadi fasa cair akan menggunakan suatu tungku peleburan yang material bahan baku logam serta jenis tungku yang digunakan tentunya harus disesuaikan dengan jenis serta jumlah material yang akan dilebur [2].

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 [2].

### **2.1.2 Lapisan Tahan panas (*Refractory*)**

Tungku pengecoran logam digunakan sebagai pelebur logam dengan menggunakan suhu yang sangat tinggi maka dalam pengoperasiannya dibutuhkan bahan isolator sebagai pelapis dari material tungku agar suhu tidak keluar. Isolator berfungsi menahan panas dari dalam tungku. Bahan yang digunakan sebagai isolator pada tungku pengecoran logam biasanya menggunakan bahan *refractory* [3].

*Refractory* pada dinding pelapis tungku induksi pengecoran logam berfungsi melindungi komponen tungku pada saat beroperasi dan mencapai temperatur tinggi. Selain itu *refractory* juga berfungsi menahan panas agar suhu tidak keluar dari tungku yang akan menyebabkan kehilangan suhu panas untuk

meleburkan logam dan juga menahan suhu panas yang dapat membahayakan operator. *Refractory* memiliki umur yang terbatas akibat penggunaannya dalam menahan temperatur tinggi secara terus menerus. Maka dunia industri pengecoran logam membutuhkan *refractory* dengan kuantitas yang relatif tinggi untuk kepentingan produksi. Sifat *refractory* yang tidak tahan lama menyebabkan dunia industri pengecoran logam mengeluarkan biaya perawatan intensif yang cukup tinggi [3].

*Refractory* tidak hanya digunakan pada tungku induksi namun dalam dunia industri lainnya khususnya untuk pelapisan komponen yang beroperasi dengan suhu tinggi. *Refractory* merupakan material kategori metalurgi keramik yang tersusun dari kandungan senyawa logam dan non logam. Selain itu material *Refractory* juga merupakan material multi-komponen dimana terdapat mineral penting yakni mineral oksida yang sangat tahan terhadap temperature yang tinggi dan bahan pengikat (*Binder*). *Refractory* yang baik tidak memiliki pori-pori sehingga komposisi fasa dan porositas merupakan faktor yang sangat penting dalam pembuatan produk *refractory*. Semakin berkurangnya porositas maka akan meningkatkan kekuatan dan ketahanan *refractory* dari korosi serta akan memiliki sifat mekanis dan fisis yang baik. Berdasarkan bentuknya *refractory* dibagi menjadi tiga macam bentuk yakni [4]:

- a) Bata api (*Refractory Brick*)
- b) Cor (*Refractory Cartable*)
- c) Mortar (*Refractory Mortar*)

Berdasarkan jenis komposisi kimianya *refractory* dibagi menjadi tiga macam yakni:

- a) *Refractory* asam, contohnya: Silica ( $\text{SiO}_2$ )
- b) *Refractory* basa, contohnya: Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ )
- c) *Refractory* netral, contohnya: Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Komposisi mineral penyusun yang digunakan dalam *refractory* biasanya menggunakan silika, tanah liat (*clay*), *magnesite* dan lainnya. Proses peleburan logam pada tungku listrik memerlukan *refractory* yang memiliki sifat fisis dan mekanis yang baik. Maka sifat-sifat dari *refractory* yang akan digunakan sebagai berikut [4]:

1. Tidak melebur pada suhu yang relatif tinggi.
2. Sanggup menahan panas lanjutan yang tiba-tiba ketika terjadi pembebanan suhu.
3. Tidak hancur di bawah pengaruh tekanan yang tinggi ketika digunakan pada suhu tinggi.

Semen tahan api sering digunakan sebagai perekat batu tahan api untuk *refractory*. Jenis-jenis *castable* ada berbagai macam mulai dari *castable-12*, *castable-14*, *castable-16*, *castable-17*, *castable-18* dan masih banyak tipe *castable* lainnya yang menyesuaikan kegunaannya. Tipe semen tahan api yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *castable C-16* yang memiliki titik lebur.

1600°C. Spesifikasi produk *Castable C-16*[5]:

- a) Jenis produk (*Type Product*): *castable C16*.
- b) Daya tahan temperatur (*Max Service Temperature*): 1600°C.
- c) Berat jenis (*Bulk Density*): 2100 – 2200 kg/m<sup>3</sup>.
- d) Campuran air (*Application Mix Water*): 12 – 16 %.
- e) Daya konduksi temperatur (*Thermal Conductivity*): Pada 350°C adalah 0,95 W/m.°C.
- f) Komposisi kimia (*Chemical Composition*): Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 50%, SiO<sub>2</sub>: < 36%.

## 2.2 Bahan-Bahan Pembuatan Dapur Peleburan Aluminium

Dalam setiap perencanaan maupun rancang bangun suatu konstruksi mesin, pertimbangan dalam pemilihan bahan merupakan salah satu syarat penting sebelum melakukan perhitungan dari pada komponen-komponen peralatan tersebut. Tujuan dari pemilihan bahan ini agar bahan atau komponen yang akan dibuat diharapkan dapat bekerja dengan baik. Dalam pemilihan bahan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu [6]:

1. Sifat mekanis bahan sifat mekanis bahan perlu diperhatikan sehingga dapat diketahui apakah bahan tersebut memiliki kekuatan dan kualitas yang baik.
2. Mudah dikerjakan mesin dalam rancang bangun suatu mesin harus terlebih dahulu memilih dan menentukan jenis bahan yang akan digunakan, apakah benda tersebut mudah atau tidak dikerjakan dengan



mesin.

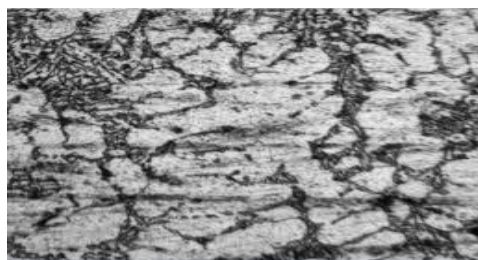
3. Mudah didapatkan komponen yang akan digunakan hendaknya mudah didapatkan agar bila terjadi kerusakan bisa diganti dengan mudah.
4. Harga relatif murah bahan yang digunakan hendaknya murah dengan tidak mengurangi kualitas dari bahan tersebut, agar dapat menekan biaya produksi.

### **2.3. Struktur dan Sifat-Sifat Aluminium**

Dalam pengertian kimia, aluminium merupakan logam yang reaktif. Apabila di udara terbuka akan bereaksi dengan oksigen, jika reaksi berlangsung terus maka Aluminium akan rusak dan sangat rapuh. Permukaan aluminium sebenarnya bereaksi bahkan lebih cepat daripada besi. Namun lapisan luar aluminium oksida yang terbentuk pada permukaan logam itu merekat kuat sekali pada logam di bawahnya, dan membentuk lapisan yang kedap. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk keperluan konstruksi tanpa takut pada sifat kimia yang sangat reaktif. Tapi jika logam bertemu dengan alkali lapisan oksidannya akan mudah larut. Sebaliknya, berbagai asam termasuk asam nitrat pekat, tidak berpengaruh terhadap aluminium karena lapisan aluminium kedap terhadap asam [7].



**Gambar 2.1** Aluminium [7].



**Gambar 2.2** Struktur mikro aluminium [7].

Sifat-sifat dari aluminium yaitu ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Walaupun kekuatannya rendah tetapi perbandingan kekuatan terhadap beratnya masih lebih tinggi daripada baja, sehingga banyak digunakan pada konstruksi yang menuntut sifat ringan seperti alat-alat transport terutama pesawat terbang. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan oksida ini di satu sisi menyebabkan tahan korosi tetapi di lain sisi menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disolder.

Aluminium komersial selalu mengandung beberapa *impurity* (0,8 persen), biasanya berupa besi, silikon, tembaga dan lainlain. Adanya *impurity* ini bisa menurunkan sifat hantar listrik dan sifat tahan korosi (walaupun tidak begitu besar) tetapi juga akan menaikkan kekuatannya hampir dua kali lipat dari aluminium murni. 11 Kekuatan dan kekerasan aluminium memang tidak terlalu tinggi, tetapi dapat diperbaiki dengan pepaduan dan perlakuan panas. Keburukan yang paling serius dilihat dari segi teknik adalah sifat elastisitasnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan pepaduan maupun dengan perlakuan panas. Sifat lain yang menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah difabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun, dapat dibentuk dengan berbagai cara seperti *di-rolling*, *stamping*, *drawing*, *forging*, *extruding* dan lain-lain' [7].

**Tabel 2.1** Sifat fisik aluminium[7].

Sifat Fisik Aluminium	
Wujud	Padat
Massa Jenis	2,70 gram/cm <sup>3</sup>
Massa jenis pada wujud cair	2,375 gram/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	933,47 K, 660,32 °C
Titik didih	2792 K, 2519 °C, 4566 °F
Kalor jenis (25 °C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik (20 °C)	28.2 nΩ m
Konduktivitas termal (300 K)	237 W/m K
Pemuaian termal (25 °C)	23.1 μm/m K
Modulus Young	70 Gpa
Modulus geser	26 Gpa
Poisson ratio	0,35
Kekerasan skala Mohs	2,75
Kekerasan skala Vickers	167 Mpa
Kekerasan skala Brinnel	245 Mpa

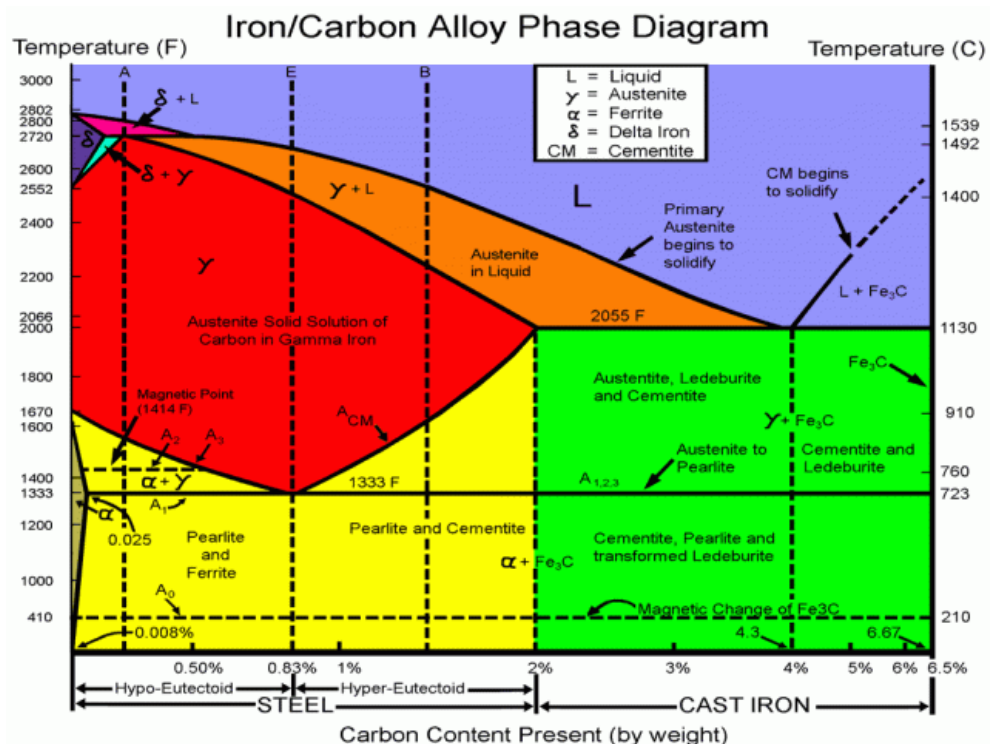
## 2.4 Diagram Fasa Fe<sub>3</sub>C

Diagram fasa Fe<sub>3</sub>C adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperature dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan lambat dan pemanasan lambat dengan kandungan karbon (%C). Diagram fasa besi dan karbida besi Fe<sub>3</sub>C ini menjadi landasan untuk laku panas kebanyakan jenis baja yang kita kenal. Diagram fasa ini dibatasi dengan komposisi karbon sampai 6,7 persen. Diagram fasa Fe<sub>3</sub>C sangat penting di bidang metalurgi karena sangat bermanfaat di dalam menjelaskan perubahan-perubahan fasa Baja (paduan logam Fe<sub>3</sub>C). Baja merupakan logam yang banyak dipakai di bidang teknik karena kekuatan tarik yang tinggi dan keuletan yang baik. Paduan ini mempunyai sifat mampu bentuk (*Formability*) yang baik dan sifat-sifat mekaniknya dapat

diperbaiki dengan jalan perlakuan panas atau perlakuan mekanik. Fungsi diagram fasa adalah memudahkan memilih temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses *anil*, *normalizing* maupun proses pengerasan [8].

Manfaat diagram fasa karbida besi:

- Fasa yang terjadi pada komposisi dan temperatur yang berbeda dengan kondisi pendinginan lambat.
- Temperatur pembekuan dan daerah-daerah pembekuan paduan  $\text{Fe}_3\text{C}$  bila dilakukan pendinginan lambat.
- Temperatur cair dari masing-masing paduan.
- Batas-batas kelarutan atau batas kesetimbangan dari unsur karbon pada fasa tertentu.
- Reaksi-reaksi metalurgis yang terjadi, yaitu reaksi eutektik, peritektik dan eutectoid.



Gambar 2.3 Diagram fasa  $\text{Fe}_3\text{C}$

A. *Ferrite* atau besi *alpha* Ferit adalah larutan padat karbon dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (Fe). Ferit terbentuk akibat proses

pendinginan yang lambat dari *austenit* baja *hypotektoid* pada saat mencapai A3. Ferit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 70-100BHN dan memiliki konduktivitas yang tinggi. Batas maksimum kelarutan karbon adalah 0.025% C pada temperatur 723°C.

**B.** Sementit adalah senyawa besi dengan karbon yang umum dikenal sebagai karbida besi dengan prosentase karbon 6,67%C. Senyawa ini bersifat paling keras sekitar 5-6 HRC pada diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C, *struktur kristal orthorhombic*, kekuatan tekan tinggi namun memiliki kekuatan tarik rendah. Sifat – sifatnya:

- Keras dan getas.
- Kekuatan tarik rendah.
- Kekuatan tekan tinggi
- Struktur kristal orthorhombic.
- Struktur paling keras pada diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C.

**C.** *Pearlite* adalah campuran sementit dan ferrit yang memiliki kekerasan sekitar 10-30 HRC. *Pearlite* yang terbentuk sedikit dibawah temperatur *eutectoid* memiliki kekerasan yang lebih rendah memerlukan waktu inkubasi yang cukup banyak. Mengandung 0,8% karbon dan terjadi pada temperatur 723°C

**D.** *Bainite* merupakan fasa yang kurang stabil yang diperoleh dari austenit pada temperatur yang lebih rendah dari temperatur transformasi ke perlit dan lebih tinggi dari transformasi ke *martensit*. Struktur mikro bainit dihasilkan dari dekomposisi austenite ke ferrit dan sementit.

**E.** Martensit merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satunya terdistorsi. Martensit merupakan fasa yang sangat kuat dan keras namun getas dan mudah rapuh.

**F.** *Austenite* Merupakan larutan padat intertisi antara karbon dan besi yang mempunyai sel satuan FCC yang stabil pada temperatur 912°C. Sifat – sifatnya:

- Interstitial solid solution; larutan padat karbon dalam besi  $\gamma$ .
- Struktur kristal FCC (face centered cubic, kubus pemusatan bidang).
- Kelarutan karbon max 2 % pada temperatur 1130°C.



- Tensile strength 1050 kg/cm<sup>2</sup>.
- Tangguh. G. Ladeburite Merupakan susunan elektrolit dengan kandungan karbonnya 4,3% yaitu campuran perlit dan sementit. Sifat – sifatnya:
  - eutectic mixture ( $\gamma + \text{Fe}_3\text{C}$ )
  - Campuran terdiri dari austenite dan cementite
  - Terbentuk pada temperatur 1130 °C (2065 °F).

#### H. Hypoeutectoid Baja

Hypoeutectoid adalah baja dengan kadar C antara 0,02-0,76 %. Jika baja dengan kadar Co = 0,4 %C didinginkan dan suhu 900 °C. Pada suhu 900 °C, baja dalam bentuk austenit. Jika suhunya turun sampai titik b, ferit mulai tumbuh pada butir austenit. Ferit ini dinamakan proeutectoid ferrite. Pendinginan selanjutnya pada suhu c menyebabkan bertambahnya jumlah proeutectoid ferrite sampai semua batas butir austenit dipenuhi proeutectoid ferrite. Pada suhu di bawah 723 °C (titik d), sisa austenit berubah menjadi perlit.

#### I. Hypereutectoid Baja

Hypereutectoid adalah Baja dengan kadar C antara 0,8-2,14 %. Pada titik a, baja hypereutectoid berada dalam bentuk austenit. Jika suhu turun sampai titik b, cementite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) mulai terbentuk sepanjang batas butir austenit. Pada titik b, jumlah cementite bertambah sampai batas butir austenit tertutupi oleh cementite. Di bawah suhu eutectoid, sisa austenit akan berubah menjadi perlit. Hasil akhir berupa cementite yang terbentuk sebelum reaksi eutectoid (dinamakan proeutectoid cementite) dan perlit.

#### J. Cast iron

Besi tuang atau besi cor (bahasa Inggris: cast iron) adalah paduan besi-karbon dengan kandungan karbon lebih dari 2%. [1] Paduan besi dengan kandungan karbon kurang dari 2% disebut sebagai baja. Unsur paduan utama yang membentuk karakter besi tuang adalah karbon (C) antara 3-3,5% dan silikon (Si) antara 1,8-2,4%. Perbedaan kadar C dan Si menyebabkan titik lebur besi tuang lebih rendah dari baja, yakni sekitar 1.150 sampai 1.200° C. Unsur paduan yang terkandung didalamnya

mempengaruhi warna patahannya besi tuang putih mengandung unsur karbida sedangkan besi tuang kelabu mengandung serpihan grafit.

K. Steel (baja)

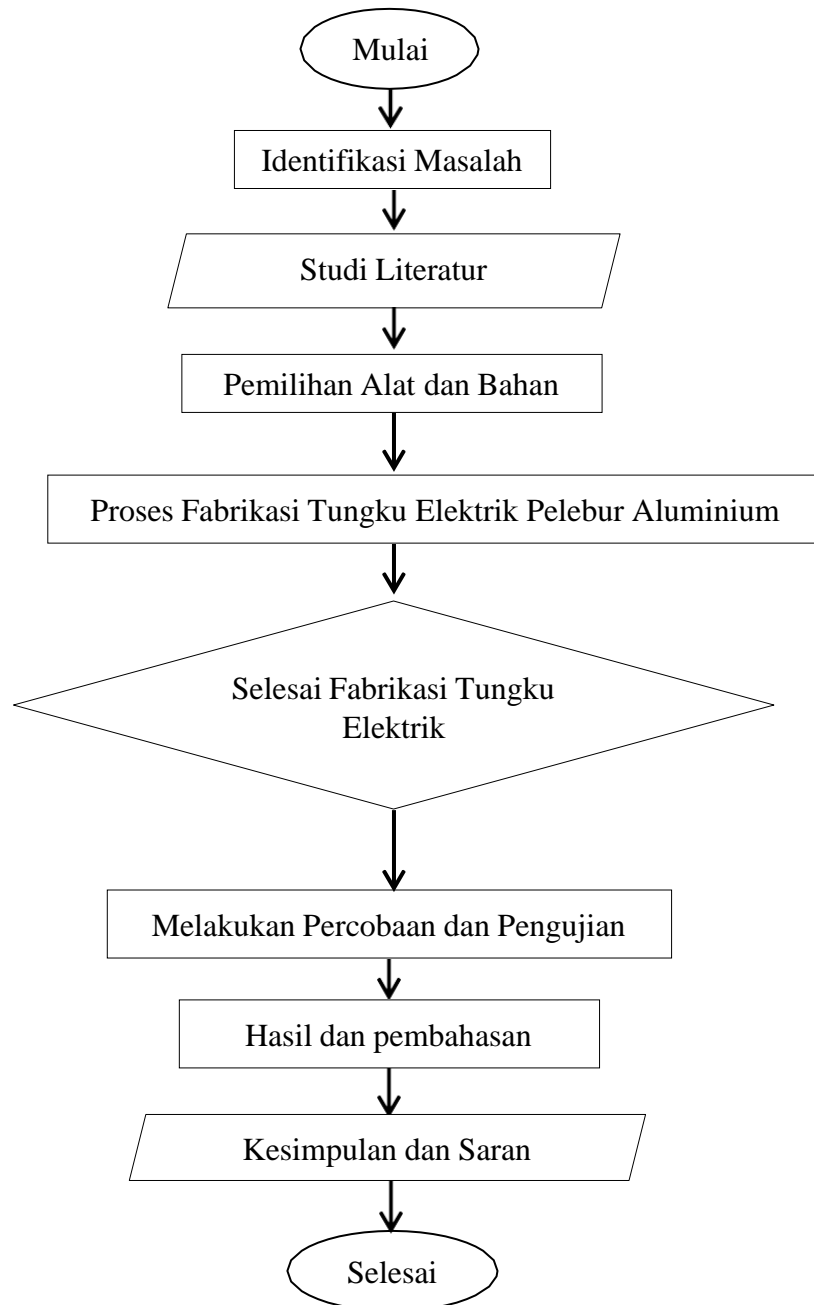
Baja Karbon (Carbon Steel), dibagi menjadi tiga yaitu;

- a) Baja karbon rendah (low carbon steel) è machine, machinery dan mild steel 0,05 % - 0,30% C. Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin. Penggunaannya: - 0,05 % - 0,20 % C : automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails. - 0,20 % - 0,30 % C : gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.
- b) Baja karbon menengah (medium carbon steel) - Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. - Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan: - 0,30 % - 0,40 % C : connecting rods, crank pins, axles. - 0,40 % - 0,50 % C : car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers. - 0,50 % - 0,60 % C : hammers dan sledges.
- c) Baja karbon tinggi (high carbon steel) è tool steel Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0,60 % - 1,50 %C Penggunaan di screw drivers, blacksmiths hummers, tables knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills. tools for turning brass and wood, reamers, tools for turning hard metals, saws for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters. L. Garis-garis pada diagram
  - a. Upper critical temperature (temperatur kritis atas), A3 :  
temperatur perubahan allotropi.
  - b. Lower critical temperature (temperatur kritis bawah), A1:  
temperature reaksi eutectoid.
  - c. Solvus's line Acm: menunjukkan batas kelarutan karbon dalam austenite.

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart*

### **3.2 Prosedur penelitian**

#### **1. Identifikasi masalah**

Latar belakang penelitian merupakan acuan awal tahapan identifikasi permasalahan yang terjadi pada fabrikasi alat tungku listrik pelebur aluminium. Identifikasi masalah ini ditujukan untuk mengetahui inti permasalahan yang terjadi.

#### **2. Studi literatur**

Studi literatur merupakan sebagai referensi dari berbagai macam sumber, diantaranya buku atau jurnal untuk mendukung penyelesaian penelitian ini. Dari studi literatur yang didapatkan maka diperoleh sebuah teori dasar, konsep serta metode yang dapat digunakan sebagai penunjang dan pemecahan masalah.

#### **3. Pemilihan alat dan bahan**

Sebagai metode untuk efisiensi dan efektivitas output produk yang akan dibuat. Begitu juga mengetahui bahan-bahan sesuai spesifikasi yang digunakan.

#### **4. Proses pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium**

Tahap proses pembuatan alat tungku elektrik pelebur aluminium terdapat langkah-langkah yang dilakukan, sesuai rangkaian prosedur yang telah direncanakan.

#### **5. Percobaan tungku elektrik pelebur aluminium**

Berfungsi untuk menguji alat simulasi sebagai pengambilan data untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi.

#### **6. Hasil dan pembahasan**

Data yang diperoleh kemudian diolah untuk mendapatkan data-data aktual dari alat tungku elektrik pelebur aluminium. Selanjutnya dilakukan menganalisis untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam proses pembuatan, cara penanggulangan serta metoda perbaikan agar masalah tersebut dapat diselesaikan dengan lebih baik.

#### **7. Kesimpulan dan saran**

Dari analisa yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan dan saran agar saat penggunaan alat dapat dicapai dengan baik.

### **3.3 Tempat fabrikasi**

Proses fabrikasi ini dilaksanakan pada Oktober 2020 di Laboratorium Prodi

### 3.4 Identifikasi kebutuhan

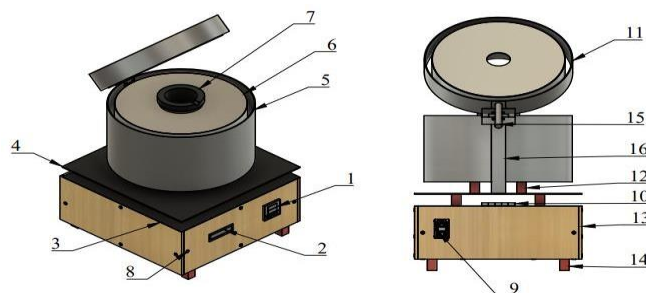
Identifikasi kebutuhan merupakan bagian terpenting dalam pengembangan dan pembuatan produk atau alat. Tujuan identifikasi kebutuhan untuk menjamin bahwa produk atau alat difokuskan pada kebutuhan konsumen atau pasar, identifikasi kebutuhan merupakan kebutuhan awal dalam pengembangan konsep yang merupakan bagian integral dari proses pengembangan sehingga benar-benar menjawab kebutuhan konsumen.

Pada fabrikasi tungku elektrik pelebur logam ini untuk mengetahui fenomena yang terjadi. Adapun spesifikasi kebutuhan fabrikasi tungku elektrik pelebur aluminium sebagai berikut :

- a. Mampu mengubah energi listrik menjadi energi panas.
- b. Mampu menahan dan meredam panas agar tidak keluar dari tungku.
- c. Mampu mencapai suhu yang di inginkan untuk meleburkan aluminium.

#### 3.4.1 Rancangan alat

Berikut pada Gambar 3.2 desain rancangan tungku elektrik pelebur aluminium yang telah ditentukan pada Lampiran A :



Gambar 3. 2 Desain tungku elektrik

Keterangan :

No	Nama Komponen	Total
1	Thermosetting	1 unit
2	Lcd display	1 unit
3	Plat penutup pengontrolan 350x340x1mm	1 buah
4	Plat pembatas 350x340x3mm	1 buah
5	Cover body	1 buah
6	Semen refractory	15 kg
7	Kowi	1 unit
8	Baut 6x40 mm	22 buah
9	Socket ac 3 in 1	1 unit
10	Ebgasel	2 unit
11	Penutup tungku	1 buah
12	Besi pembatas 20x30 mm	8 buah
13	Penutup kerangka	5 buah
14	Kaki kerangka 20x30 mm	4 buah
15	Besi pembuka penutup tungku	1 buah
16	Plat penutup tungku	1 buah

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan dalam pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini. Tabel 3. 1

#### Spesifikasi Bahan

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Besi <i>Hollow</i>	2x2 cm, 2mm	1 batang
2	Semen <i>Refractory</i>	C-16	21 kg
3	Kowi	5 kg	1 buah
4	Besi plat	1 mm	¼ lembar
5	Nikelin	0,9 mm	1 buah

#### 3.4.2 Pemilihan bahan

Dalam pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium, terdapat pemilihan bahan yang harus dipertimbangkan agar tercapainya sesuai kebutuhan

perancangan. Pemilihan bahan didasari oleh matriks pemilihan bahan sebagai dasar pertimbangan yang tepat dengan penilaian bobot tertentu agar tercapainya komponen. Adapun bahan-bahan yang harus dipertimbangkan dalam bentuk matriks seperti harga, kekuatan, mampu produksi, tahan korosi, masa pakai dan daya dorong sebagai berikut:

#### 1. Kerangka

Kerangka berfungsi sebagai tempat untuk dudukan seluruh komponen penting yang terletak pada tungku elektrik. Pemilihan bahan kerangka sesuai dengan penentuan matriks pada Tabel 3.2, dikarenakan pada matriks terdapat perbandingan komponen yaitu kayu, *aluminium alloy*, dan besi pada (Lampiran B) pemilihan bahan. Matriks ini juga terdapat perbandingan bobot yang ditentukan variabel parameter seperti harga, kekuatan, mampu produksi, tahan korosi dan ketersediaan komponen di pasar. Namun matriks ini, lebih mengutamakan kekuatan dibanding variabel parameter yang lain.

**Tabel 3. 2** Matriks pemilihan bahan kerangka.

Variabel Parameter	Bobot	Kayu		Aluminium Alloy		Besi	
		Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah
Harga (Rupiah)	1	8	8	7	7	6	6
Kekuatan (MPa)	4	4	16	5	20	7	28
Mampu Produksi	2	6	12	7	14	5	10
Tahan Korosi	2	8	16	7	14	6	12
Ketersediaan Komponen di Pasar	1	3	3	6	6	7	7
<b>Total</b>			<b>55</b>		<b>61</b>		<b>63</b>

Berdasarkan matriks pemilihan kerangka tungku elektrik pelebur aluminium, maka didapatkan bahan pembuatan untuk kerangka dengan material besi dengan jumlah total nilai 63, dikarenakan besi lebih unggul pada kekuatan bahan dibandingkan dengan kayu dan besi *hollow*.

#### 2. Semen *refractory*

Semen *refractory* ini berfungsi untuk menahan atau meredam temperatur sehingga temperatur tidak keluar dari tungku. Pemilihan bahan sudu turbin sesuai dengan penentuan matriks pada Tabel 3.3, dikarenakan pada matriks terdapat perbandingan beberapa komponen yaitu CH 14, CH 15, CH 16 pada Lampiran B. Pada matriks ini juga terdapat perbandingan bobot yang ditentukan variabel parameter seperti harga, kekuatan, mampu produksi, tahan korosi dan ketersediaan komponen di pasar. Namun pada matriks ini, lebih mengutamakan harga (Lampiran B) dibanding variabel parameter yang lain.

**Tabel 3.3** Matriks pemilihan semen refractory

Variabel Parameter	Bobot	CH 14		CH 15		CH 16	
		Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah
Harga (Rupiah)	4	8	12	4	16	6	24
Kekuatan (MPa)	1	5	5	7	7	6	6
Mampu Produksi	3	6	18	7	21	4	12
Masa Pakai	1	4	4	5	5	6	6
Ketersediaan Komponen di Pasar	1	3	3	4	4	6	6
<b>Total</b>			<b>43</b>		<b>51</b>		<b>54</b>



**Gambar 3.3** Semen *refractory* [12]



Berdasarkan sesuai matriks pemilihan semen *refractory*, nilai bobot yang tertinggi terdapat pada harga yang murah. Bahan yang sesuai digunakan pada tungku elektrik adalah semen *refractory* CH 16.

### 3. Kowi

Menurut Amstead (1986), dapur kowi adalah dapur tertua yang digunakan untuk melebur baja, kowi terbuat dari campuran granit dan tanah liat. Kowi mudah pecah dalam keadaan biasa tetapi mempunyai kekuatan yang cukup kuat dalam keadaan panas.

Pada matriks ini juga terdapat perbandingan bobot yang ditentukan variabel parameter seperti harga, daya dorong, mampu produksi, masa pakai, ketersediaan komponen di pasar. Namun pada matriks ini, lebih mengutamakan ketersediaan bahan di pasar dibanding variabel parameter yang lain.

**Tabel 3.4** Matriks pemilihan bahan kowi

Variabel Parameter	Bobot	Kowi tipe A (1 kg)		Kowi tipe B (2 kg)		Kowi tipe C (5 kg)	
		Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah
Harga (Rupiah)	1	4	4	5	5	6	6
Kapasitas	4	1	4	2	8	4	16
Masa Pakai	1	5	5	5	5	5	5
Ketersediaan Komponen di Pasar	3	7	21	7	21	7	21
<b>Total</b>			<b>34</b>		<b>39</b>		<b>48</b>

Berdasarkan matriks pemilihan kowi, maka didapatkan kowi tipe C dengan jumlah nilai 48.



**Gambar 3.4** Kowi [13]

#### 4. Kawat nikelin

Kawat nikelin ini digunakan untuk menyalurkan panas. Kawat nikelin termasuk ke dalam bahan konduktor, yaitu bahan yang digunakan untuk menyalurkan panas ke suatu benda. Pemilihan kawat nikelin dilakukan dengan penentuan matriks Tabel 3.5, dikarenakan pada matriks terdapat perbandingan pada kekuatan dari kawat nikelin.

Pada matriks ini juga terdapat perbandingan bobot yang ditentukan variabel parameter seperti harga, tegangan, mampu produksi, masa pakai dan ketersediaan komponen di pasar. Namun pada matriks ini, lebih mengutamakan tegangan dibanding variabel parameter yang lain.

**Tabel 3.5** Matriks pelihan bahan kawat nikelin

Variabel Parameter	Bobot	Nikelin tipe A (0,6 mm)		Nikelin tipe B (0,7 mm)		Nikelin tipe C (0,9 mm)	
		Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah
Harga (Rupiah)	1	6	6	5	5	4	4
Tegangan	4	5	20	5	20	7	28
Mampu Produksi	1	6	6	6	6	6	6
Masa Pakai	2	7	14	7	14	5	10
Ketersediaan Komponen di	2	5	10	5	10	7	14

Pasar							
<b>Total</b>			<b>56</b>		<b>55</b>		<b>62</b>

Berdasarkan matriks pemilihan kawat nikelin dengan jumlah nilai 62. Tegangan pada kawat nikelin tipe C lebih tinggi dibandingkan dengan tipe A dan B.



**Gambar 3. 5** Kawat nikelin [12]

#### 3.4.3 Pemilihan proses

Proses yang akan dilakukan antara lain *marking*, *cutting*, *forming*, *assembling*, *welding*, *machining*, *finishing*.

##### 1. Penandaan (*Marking*)

Proses *marking* dilakukan untuk pemberian tanda garis potong, nomor identifikasi, jarak lubang baut, dan jumlah lubang baut pada suatu material.

##### 2. Pemotongan (*Cutting*)

Proses *cutting* dilakukan untuk memudahkan pemotongan pada material di tempat kerja dan mampu memotong logam keras seperti carbon steel, stainless steel dan lain-lain.

##### 3. Pembentukan (*Forming*)

Proses *forming* merupakan proses logam yang dilakukan dengan cara memberikan perubahan bentuk pada material pada benda kerja.

##### 4. Perakitan (*Assembling*)

Proses *assembling* dilakukan dengan proses penggabungan dari beberapa bagian komponen untuk membentuk suatu produk.

##### 5. Pengelasan (*Welding*)

Proses *welding* adalah proses sambungan logam antara komponen satu dengan komponen dua yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair.

#### 6. *Machining*

Proses *machining* dilakukan dengan berbagai proses yaitu proses pembubutan untuk membentuk benda kerja dengan menggunakan mesin bubut, proses pengeboran dilakukan untuk membentuk suatu lubang pada material, dan proses pengamplasan dilakukan sebagai menghilangkan material yang tidak diinginkan

#### 7. *Finishing*

Proses *finishing* adalah pengerjaan akhir yang sangat penting dalam proses untuk memberikan tampilan terhadap nilai jual produk.

#### 3.4.4 Persiapan alat dan bahan

Beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium sebagai berikut:

##### 1. Mesin las

Mesin las berfungsi untuk menyambung besi menjadi satu rangkaian utuh, sehingga dapat membentuk sebuah bentuk yang diinginkan atau dibutuhkan. Prinsip kerja mesin las adalah dengan cara membakar besi atau menyambung dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Mesin las yang digunakan merk Rihno dengan *ampere* 1200.

##### 2. Mesin gerinda

Mesin Gerinda (Grinder) adalah *power tool* multifungsi yang cukup penting. Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah dan memotong benda kerja sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Prinsip kerja mesin gerinda dengan cara batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja, sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan.

##### 3. Mesin bor

Mesin bor adalah salah satu jenis mesin gerakannya memutar alat pemotong yang arah makan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut untuk pengerjaan pelubangan. Sedangkan pengeboran adalah operasi menghasilkan

lubang berbentuk bulat dalam lembaran kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor.

Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam rancang bangun alat uji rugirugi aliran fluida berbasis otomatis dapat dilihat pada Tabel 3.6 di bawah ini.

**Tabel 3.6** Spesifikasi Alat

No	Item	Merek	Spesifikasi	Jumlah
1	Mesin Las	RHINO	Daya = 900 Watt	1
			Arus (I) = 1200 A	
2	Mesin Gerinda	NRT-PRO	Daya = 220 Watt	1
			Arus (I) = 1600 A	
			Diameter = 14 Inch	
			N = 3800 r/min	
3	Mesin Bor	KRISBOW	Daya = 220 Watt	1
			Arus (I) = 710 A	
			Diameter = 100 mm	
			N= 1100 r/min	

### 3.4.5 Proses Fabrikasi dan Pemilihan Bahan

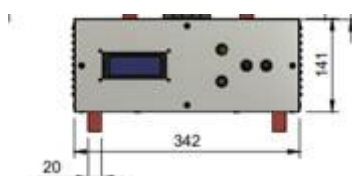
#### A. Persiapan alat dan bahan

Sebelum melakukan proses pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium, siapkan seluruh alat dan bahan yang digunakan seperti : meter ukur, gerinda tangan, gerinda potong, mesin las smaw, kapur besi, mesin bor, palu, *tool kit*, tang kombinasi, dan jangka sorong.

#### B. Proses pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium

##### 1. Pembuatan kerangka

##### 2.



**Gambar 3. 6** Desain Kerangka

- Penandaan (*Marking*)

Proses pembuatan kerangka alat pada Gambar 3.9, tungku elektrik menggunakan besi *hollow* ukuran 2x2 inci dengan ketebalan 2 mm. Besi *hollow* diukur sebanyak menggunakan meteran dan digaris menggunakan kapur besi. Memberikan suatu tanda atau ukuran pada kerangka tungku elektrik dibutuhkan waktu selama 30 menit.

- Pemotongan (*Cutting*)

Selanjutnya pemotongan besi *hollow* dilakukan dengan menggunakan mesin gerinda duduk dan gerinda tangan. Proses pemotongan dibutuhkan durasi selama 30 menit, pemotongan dilakukan sesuai ukuran yang telah ditentukan, dengan jumlah segmen sebanyak 16 buah pemotongan besi *hollow*.

- Perakitan (*Assembling*)

Setelah pemotongan selesai maka besi *hollow* dibentuk dan dirakit sebagai kerangka tungku elektrik pelebur aluminium dengan durasi waktu 120 menit.

- Pengelasan (*Welding*)

Setelah selesai dirakit sesuai gambar yang ditentukan, selanjutnya las penuh kerangka disetiap bagian sisi. Proses waktu yang dibutuhkan selama 300 menit.

- *Machining*

Proses selanjutnya yaitu *machining*. Proses ini terbagi dua bagian yaitu proses pengamplasan dan proses pengeboran.

- Proses pengamplasan ini berupaya untuk menghilangkan suatu material yang tidak diinginkan setelah dari pengelasan, seperti terak dari pengelasan yang menggunakan alat mesin gerinda tangan dan hasil dempul besi yang sudah kering menggunakan amplas kayu. Proses pengamplasan dibutuhkan durasi waktu selama 30 menit.

- Selanjutnya proses pengeboran yaitu dimana besi *hollow* dibor untuk penempatan baut pada triplek sebanyak 16 lubang baut,, dengan dibutuhkan durasi selama 30 menit.

- *Finishing*

Setelah *machining* selesai, maka proses selanjutnya melakukan pengecatan pada kerangka bodi, supaya tampilan kerangka lebih bagus dan menarik pada saat pemakaian tungku elektrik. Warna cat yang digunakan yaitu berwarna merah, dengan durasi selama 90 menit.

### 3. Pembuatan pelindung (*Cover*) lapisan dinding Tahan Api

Pada pembuatan dinding pelapis terbuat dari aluminium yang memiliki diameter 70 cm, tinggi 120 cm, dan ketebalan 1 mm.



**Gambar 3. 7** Pelindung (*Cover*) lapisan dinding tahan api

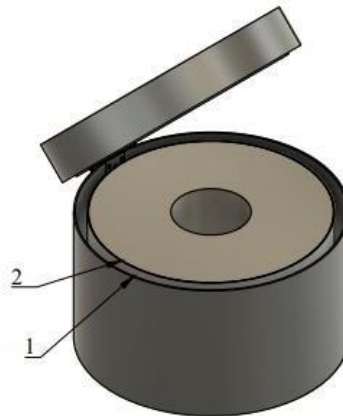
- Penandaan (*Marking*)

Penandaan ukuran pada cover ini memiliki diameter 70cm, dan tinggi 80 cm. Kemudian *cover* ditandai menggunakan spidol, dengan durasi selama 10 menit.

- Pemotongan (*Cutting*)

Selanjutnya proses pemotongan, dengan waktu yang digunakan selama 10 menit. *Cover* lapisan dinding ini dipotong dengan tinggi 80 cm dengan menggunakan mesin gerinda.

### 4. Pembuatan lapisan dinding tahan api



No	Komponen	Qty
1	Cover Body	1
2	Semen Refractory CH-16	21 Kg

**Gambar 3. 8** Lapisan dinding tahan api

Pembuatan lapisan dinding tahan api pada Gambar 3.8, sesuai dengan perhitungan perancangan. Perhitungan perancangan ini berdasarkan ketebalan lapisan yang telah ditentukan. Maka setelah dapat perhitungan lapisan dinding ini maka bahan pembuatan lapisan dinding ini menggunakan semen *refractory* CH16 yang telah tersedia di pasaran sebanyak 21 kg. Setelah bahan semen didapatkan maka proses selanjutnya adalah proses membuat lapisan dinding.

- Penandaan (*Marking*)

Pertama proses penandaan ini dilakukan pada cover lapisan dinding yang digunakan untuk menentukan ketinggian dari semen *refractory*. Penandaan ini menggunakan spidol sebanyak 4 titik dengan durasi 5 menit.

- Pembentukan (*Forming*)

Proses ini dilakukan dengan cara memasukkan bahan semen *refractory* yang telah dicampurkan dan di aduk dengan air kedalam cover pada lapisan dinding. Untuk dudukan kowi sendiri kami meletakkan toples plastik kedalam bagian cover yang diletakkan pada bagian tengah cover lapisan tersebut.

- Pemotongan (*Cutting*)

Setelah itu adalah proses pemotongan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin bor dengan mata potong 4 inci sebanyak 3 buah.

5. Pemasangan Komponen Pada tungku elektrik pelebur aluminium



Pemasangan komponen memiliki bagian yang akan dipasang pada tungku elektrik, untuk melengkapi komponen dan berfungsinya tungku sesuai keinginan saat pengujian.

a) Kawat nikelin

Kawat nikelin adalah suatu komponen untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas yang akan digunakan untuk meleburkan aluminium. Kawat nikelin ini dibentuk seperti lilitan yang memiliki panjang 50 cm dan dengan ketebalan 0,9 mm.

- Penandaan (*Marking*)

Penandaan pemasangan kawat nikelin pada lapisan dinding tungku, membuat garis untuk jalur atau dudukan kawat nikelin pada lapisan dinding tungku sebanyak 8 buah. Durasi penandaan ini dilakukan selama 10 menit.

- Pengeboran (*Boring*)

Setelah memberi penandaan pada lapisan dinding tungku, maka garis tersebut dibor dengan menggunakan mesin bor tangan, dengan waktu selama 20 menit.

- Perakitan (*Assembling*)

Selesai kerangka dibor untuk dudukan kawat nikelin, maka proses selanjutnya pemasangan kawat nikelin dengan waktu yang dibutuhkan selama 15 menit.

### 3.5 Peralatan pengujian

Adapun peralatan dan bahan yang akan digunakan pada pengujian ini adalah:

1. Tungku elektrik pelebur aluminium.
2. Hp / android.
3. Laptop.
4. Spesimen uji.
5. Serta peralatan pengontrol lainnya.

### 3.6 Tahapan proses pengujian

Proses pengujian ini memiliki beberapa tahap cara yaitu:

1. Persiapkan alat yang akan digunakan pada saat pengujian seperti aluminium, tang amper, *thermogun infrared*, laptop, hp android, dan sinyal wifi atau paket data.
2. Hidupkan tungku elektrik dengan cara menghubungkan tungku dengan listrik.
3. Tekan tombol power pada tungku elektrik
4. Sambungkan tungku elektrik dengan android melalui *bluetooth*.
5. Hidupkan laptop dan hubungkan dengan wifi sehingga data akan langsung masuk pada laptop.
6. Set temperatur tungku sesuai dengan spesifikasi spesimen uji yaitu aluminium.
7. Setelah itu masukkan aluminium ke dalam tungku dan tutup tungku dengan penutup tungku yang telah dibuat.
8. Tunggu hingga tungku melakukan menahan panas sesuai dengan temperatur yang telah di set sebelumnya.
9. Setelah tungku menahan panas periksa apakah aluminium sudah melebur dengan sempurna atau belum.
10. Jika aluminium sudah melebur matikan tungku elektrik dan keluarkan kowi dengan mengangkatnya dengan tang jepit yang telah disiapkan.
11. Jika belum melebur lakukan terus pemanasan dengan temperatur *holding* sampai aluminium melebur dengan sempurna.
12. Lakukan pengujian ini sebanyak 5 kali dengan volume yang berbeda atau spesimen uji yang memiliki spesifikasi yang berbeda.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pemilihan bahan**

Pemilihan bahan didasari oleh matriks pemilihan bahan untuk pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium sebagai pertimbangan yang tepat dengan penilaian bobot tertentu untuk ketercapaian komponen.

##### **4.1.1 Pemilihan bahan kerangka alat**

Pada penelitian ini, dilakukan matriks pemilihan bahan pada kerangka untuk mendapatkan bahan yang sesuai kebutuhan perancangan, dan juga tercapainya suatu target dan spesifikasi alat yang dibutuhkan seperti pada Tabel 3.2. Dari pemilihan bahan kerangka ini dilakukan secara matriks untuk mendapatkan perbandingan pemilihan bahan kerangka yang akan digunakan untuk tungku elektrik pelebur aluminium.

Nilai bobot yang tertinggi pada bahan kerangka didapatkan pada kekuatan dengan nilai bobot 4, dikarenakan kerangka membutuhkan bahan yang kuat sebagai tumpuan tungku elektrik pelebur aluminium. Nilai kekuatan dari material besi adalah  $\pm 800$  MPa yang didapatkan dari grafik kekuatan material (Lampiran B). Namun kekuatan kayu lebih rendah dengan nilai grafik kekuatan material adalah  $\pm 50$  MPa diikuti dengan material aluminium didapatkan nilai grafik kekuatan material adalah  $\pm 400$  MPa, sehingga nilai tertinggi pada variabel parameter kekuatan terdapat pada material besi. Variabel parameter lainnya adalah tahan korosi dengan nilai tertinggi 16 didapatkan pada material kayu. Namun nilai terendah pada tahan korosi didapatkan pada material besi dengan nilai 12 diikuti oleh bahan material aluminium alloy didapatkan nilai tahan korosi sebesar 14. Data tersebut didapatkan dari grafik korosi skala galvanik.

##### **4.1.2 Pemilihan semen *refractory***

Penelitian ini dilakukan matriks pemilihan bahan pada semen *refractory* untuk mendapatkan bahan yang sesuai dengan kebutuhan perancangan, dan juga

tercapainya suatu target dan spesifikasi alat yang dibutuhkan seperti pada Tabel 3.3. Dari pemilihan bahan sudu turbin ini dilakukan secara matriks sebagai perbandingan pemilihan bahan semen *refractory*.

Nilai bobot yang tertinggi dalam pemilihan bahan semen *refractory* didapatkan pada harga dengan nilai bobot 4, dikarenakan nilai bobot harga tertinggi berdasarkan hasil survei bahan di pasaran. Semakin tinggi nilai bobot maka yang didapatkan semakin rendah nilai harga. Nilai bobot tertinggi 24 terdapat pada bahan semen tipe C dengan harga 15.000-rupiah, semen ini banyak dijumpai di pasaran, dan mampu menahan panas hingga 1600 °C.

#### **4.1.3 Pemilihan kowi**

Pemilihan kowi ini berdasarkan kapasitas dan ketersediaan komponen di pasar. Berdasarkan matriks pemilihan pada Tabel 3.4. maka didapatkan perbandingan pemilihan kowi yang akan digunakan pada tungku elektrik pelebur aluminium.

Pada matriks pemilihan kowi dengan nilai bobot tertinggi didapatkan pada variabel kapasitas sebesar 4, dikarenakan kowi membutuhkan kapasitas yang besar agar mampu untuk menampung spesimen uji yang akan dilakukan. Nilai kapasitas tertinggi didapatkan sebesar 16 dari matriks pemilihan kowi tipe C. namun kapasitas yang paling kecil adalah kowi tipe A dengan nilai 4, sedangkan pada kowi tipe B memiliki nilai 8.

#### **4.1.4 Pemilihan kawat nikelin**

Pada penelitian ini dilakukan matriks pemilihan bahan pada kawat nikelin untuk mendapatkan bahan yang sesuai dengan kebutuhan perancangan agar tercapainya suatu target dan spesifikasi alat yang dibutuhkan seperti pada Tabel 3.5. Dari pemilihan bahan kawat nikelin ini dilakukan secara matriks untuk mendapatkan perbandingan pemilihan bahan kawat nikelin yang akan digunakan untuk tungku elektrik pelebur aluminium.

Pada matriks pemilihan bahan kawat nikelin dengan nilai bobot tertinggi didapatkan pada variabel tegangan sebesar 4, dikarenakan kawat nikelin membutuhkan tegangan untuk bisa meneruskan listrik dan mengubahnya menjadi

energi panas yang memiliki temperatur tinggi sehingga mampu meleburkan aluminium. Nilai tegangan yang tertinggi didapatkan sebesar 28 dari matriks pemilihan bahan menggunakan kawat nikelin tipe C. Namun daya dorong yang paling rendah dengan nilai bobot 20 dengan bahan kawat nikelin tipe A dan kawat nikelin tipe B, sehingga nilai tertinggi pada variabel parameter terhadap suatu tegangan terdapat pada kawat nikelin tipe C. Variabel parameter lainnya yaitu ketersediaan komponen dipasar dengan nilai tertinggi 14 juga didapatkan pada kawat nikelin tipe C (Lampiran B). Oleh karena itu nilai paling rendah hasil dari survei didapatkan pada bahan kawat nikelin tipe A dan kawat nikelin tipe B dengan nilai sebesar 10, karena bahan didapatkan tidak sesuai keinginan.

## **4.2 Proses fabrikasi**

### **1. Pembuatan kerangka**

Proses pembuatan kerangka harus benar-benar diperhatikan, karena kerangka sebagai tumpuan penempatan komponen. Dalam pembuatan kerangka harus memiliki bahan yang kuat dan konstruksi bahan bagus untuk kerangka. Selain itu bahan material yang digunakan untuk kerangka adalah besi *hollow*, karena kekuatan besi *hollow* sesuai dengan matriks pemilihan bahan.

Pembuatan kerangka dilakukan beberapa proses fabrikasi yaitu, pertama proses penandaan dimana menandakan besi *hollow* dengan menggunakan kapur besi dengan ukuran 50 cm, 10 cm, 5 cm. Proses selanjutnya dilakukan dengan proses pemotongan menggunakan mesin gerinda sebanyak 8, 4 dan 4 segmen. Setelah proses pemotongan kemudian dilakukan dengan melakukan perakitan, untuk menggabungkan material yang telah dipotong. Proses selanjutnya dilakukan dengan pengelasan dengan menggunakan mesin las SMAW dan diikuti dengan proses *machining* yang dilakukan dengan pengamplasan dan pengeboran. Proses terakhir dilakukan dengan proses *finishing* melakukan pengecatan pada kerangka. Proses pembuatan kerangka dilakukan sesuai tahapan dengan tercapainya hasil pembuatan kerangka sesuai perancangan.

## **2. Proses pembuatan cover lapisan dinding**

Pada pembuatan dinding pelapis terbuat dari aluminium yang memiliki diameter 70 cm, tinggi 120 cm, dan dengan ketebalan 1 mm. Alat yang digunakan dalam pembuatan cover ini adalah spidol dan mesin gerinda tangan. Hasil pembuatan *cover* dinding ini sesuai dengan bahan material aluminium.

## **3. Pembuatan lapisan dinding tahan api**

Pembuatan lapisan dinding ini menggunakan semen *refactory* CH16 yang telah tersedia di pasaran sebanyak 21 kg. Setelah bahan semen didapatkan maka proses selanjutnya adalah proses membuat lapisan dinding.

Setelah itu adalah proses pemotongan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin bor dengan mata potong 4 inci sebanyak 3 buah.

## **4. Pemasangan komponen tungku elektrik**

Pemasangan komponen memiliki bagian yang akan dipasang pada tungku elektrik, untuk melengkapi komponen dan berfungsinya tungku sesuai keinginan saat pengujian. Kawat nikelin adalah suatu komponen untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas yang akan digunakan untuk meleburkan aluminium. Kawat nikelin ini dibentuk seperti lilitan yang memiliki panjang 50cm dan dengan ketebalan 0,9 mm. Proses tahapan pemasangan ini dilakukan penandaan, pemotongan, pengeboran dan perakitan. Hasil yang didapat dalam proses pemasangan ini sesuai dengan dengan tahap fabrikasi

### **4.3 Hasil Fabrikasi**

Hasil fabrikasi pada tungku elektrik pelebur aluminium dapat dilihat sebagai berikut.

#### **1. Tungku elektrik pelebur aluminium**

Berikut ini adalah hasil dari proses pembuatan tungku elektrik pelebur aluminium.



**Gambar 4.1** Tungku elektrik pelebur aluminium

## **2. Pelindung (*Cover*) lapisan dinding**

Berikut adalah hasil dari proses pembuatan pelindung lapisan dinding pada tungku elektrik.



**Gambar 4.2** Pelindung (*Cover*) lapisan dinding.

## **3. Lapisan dinding tahan api**

Gambar di bawah ini adalah hasil dari proses pembuatan lapisan dinding tahan api pada tungku elektrik.





**Gambar 4.3** lapisan dinding tahan api

#### **4. Kawat nikelin**

Berikut ini adalah hasil dari proses pembuatan pada kawat nikelin.



**Gambar 4.4** Kawat Nikelin

#### **5. Kotak pengontrolan**

Berikut adalah hasil dari proses pembuatan kotak pengontrolan yang digunakan untuk peletakan komponen-komponen pemrograman pada tungku elektrik.



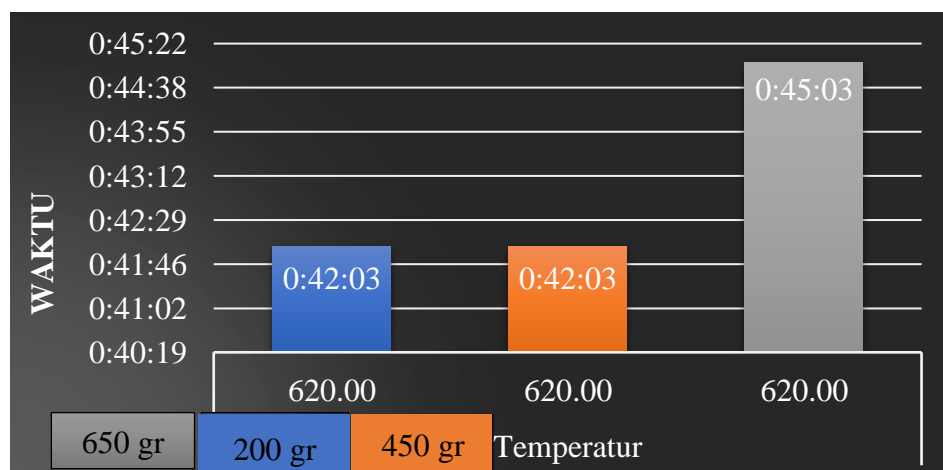
**Gambar 4.5** Kotak pengontrolan

#### 4.4 Pengujian spesimen

Pengujian spesimen uji ini menggunakan material aluminium yang memiliki variasi volume yang berbeda yaitu 200 gr, 450 gr, dan 650 gr. Pembahasan dimulai dengan perbandingan pengaruh variasi volume terhadap waktu dan temperatur pada tungku elektrik.

#### 4.5 Variasi volume terhadap waktu dan temperatur

Volume spesimen uji yang dicapai yakni 200 gr, 450 gr, dan 650 gr.



**Gambar 4.6** Grafik pengaruh temperatur dan waktu.

Grafik ini memiliki tiga warna yang merupakan perbedaan dari temperatur, waktu, dan volume dari spesimen uji. Warna biru merupakan spesimen uji yang memiliki volume 200 gr. Dalam pengujian spesimen uji dengan volume 200 gr ini

memiliki titik lebur yaitu 620°C. Dalam meleburkan spesimen ini membutuhkan waktu 00:42:03 sehingga spesimen dapat melebur dengan sempurna, hal ini dapat dikatakan sesuai dengan spesifikasi aluminium itu sendiri yang memiliki titik lebur 620°C. Pada saat dilakukan pengujian suhu awal dari tungku elektrik yaitu 39°C.

Warna merah merupakan spesimen uji yang mempunyai volume 450 gr. Saat dilakukan pengujian dengan mengatur temperatur pada alat sebesar 620°C ternyata aluminium telah melebur dan sesuai juga terhadap spesifikasi aluminium itu sendiri, dan waktu yang dibutuhkan untuk meleburkan aluminium dengan volume 450 gr ini yaitu 00:42:03. Karena data yang didapatkan sama dengan pengujian dengan volume 200 gr, hal ini terjadi karena temperatur awal saat dilakukan saat pengujian berbeda hal ini terjadi karena keadaan lingkungan atau temperatur ruangan. Saat dilakukan pengujian ini temperatur pada tungku elektrik yaitu 31°C. Perbedaan temperatur awal tungku elektrik ini sangat berpengaruh terhadap data yang akan didapatkan pada saat dilakukan pengujian spesimen uji.

Warna hijau merupakan pengujian alat yang menggunakan spesimen uji aluminium yang memiliki volume 650 gr. Pada saat dilakukan pengujian dengan mengatur temperatur pada suhu 620°C ternyata aluminium belum melebur, namun saat menaikkan suhu hingga 650°C spesimen uji baru akan melebur. Waktu yang dibutuhkan untuk meleburkan aluminium ini adalah 00:45:03. Hal ini terjadi karena saat dilakukannya pengujian spesimen temperatur awal yang didapatkan adalah 31°C.

Dari tiga pengujian ini didapatkan data yang berbeda, hal ini terjadi karena perbedaan temperatur awal pada tungku elektrik dan volume dari spesimen uji yang berbeda sehingga dapat menyebabkan perbedaan waktu dan temperatur pada saat dilakukan pengujian. Semakin besar volume dari spesimen uji maka akan memerlukan temperatur yang lebih tinggi dan waktu peleburan yang semakin lama. Hal ini terjadi karena temperatur akan lebih lama masuk ke dalam spesimen uji sehingga akan membuat aluminium melebur dengan sempurna

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Matriks pemilihan bahan untuk kerangka lebih mengutamakan kekuatan, dengan menggunakan material besi nilai total bobot sebesar 63.
2. Berdasarkan sesuai matriks pemilihan semen *refractory*, bahan yang sesuai digunakan pada tungku elektrik adalah semen *refractory* CH 16. Nilai bobot yang tertinggi terdapat pada harga yang murah namun memiliki ketahanan terhadap temperatur yang tinggi, dengan nilai total bobot 54.
3. Matriks pemilihan bahan untuk kowi agar mampu untuk mengantarkan panas dengan baik dan memiliki kapasitas yang sesuai digunakan untuk alat skala laboratorium. Berdasarkan matriks pemilihan kowi, maka didapatkan kowi tipe C dengan jumlah nilai 46.
4. Matriks pemilihan bahan kawat nikelin dipilih agar mampu menghantarkan arus listrik yang baik dan mampu untuk menahan panas hingga 700°C. Berdasarkan matriks pemilihan kawat nikelin dengan jumlah nilai 62.
5. Proses pembuatan dilakukan sesuai tahapan fabrikasi dengan proses *marking, cutting, forming, assembling, welding, machining, dan finishing*.
6. Semakin besar volume dari spesimen uji maka akan memerlukan temperatur yang lebih tinggi dan waktu peleburan yang semakin lama. Hal ini terjadi karena temperatur akan lebih lama masuk ke dalam spesimen uji sehingga akan membuat aluminium melebur dengan sempurna.

#### **5.2 SARAN**

1. Penelitian selanjutnya dapat disarankan lebih dipelajari lagi dalam penggunaan matriks pemilihan bahan untuk menghindari kesalahan.
2. Ketika sebelum melakukan pekerjaan, pastikan alat dan bahan sudah

lengkap dan proses pembuatan sesuai dengan fabrikasi.

3. Sebelum melakukan pengujian pastikan sudah mengukur dan mengetahui spesifikasi dan menentukan volume dari spesimen uji.
4. Pastikan Wi-Fi atau paket kuota tersedia agar data yang didapatkan akan lebih akurat.

## Daftar Pustaka

- [1] Ighodalo, dkk (2011) “*Performance Evaluation of The Local Charcoal-fired Furnace for Recycling Aluminium*”.
- [2] Muhammad, dkk. (2016) “Pengujian Awal Kinerja Tungku Pengecoran Logam Aluminium *Matrix Composite* dengan Bahan Bakar Gas LPG”.
- [3] Rizal, dkk. (2016) “Pembuatan Tungku Pemanas (*Muffle Furnace*) Kapasitas 1200 °C”.
- [4] Suprastiyo, dkk. (2016), “Pembuatan *Electric Furnace* Berbasis Microcontroller”.
- [5] 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.
- [6] Akuan, A. (2010). Modul Pengecoran Logam. Bandung: Universitas Jendral Ahmad Yani.
- [7] 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.
- [8] Rahmat, R.M. (2015) Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment. Jurnal Teknik Mesin, Volume 3, Nomor 2, Universitas Islam 45 Bekasi.
- [9] Winarto Joko, T. A. (2012). Rancang Bangun Tungku Peleburan Aluminium Berbahan Bakar Padat Dengan Sistem Aliran Udara Paksa. Yogyakarta.
- [10] <https://id.wikipedia.org/wiki/Aluminium>
- [11] <https://blog.ub.ac.id/salsabilavelina/2012/03/02/diagram-fasa-fe-fe3c-2/>
- [12] <https://bentengapi.com/semen-tahan-api/>

- [13] <https://www.tokopedia.com/ziccor22/kowi-grafit-5-kg>
- [14] <https://www.bukalapak.com/p/elektronik/komponenelektronik>

## LAMPIRAN A

### *Material Families and Classes*

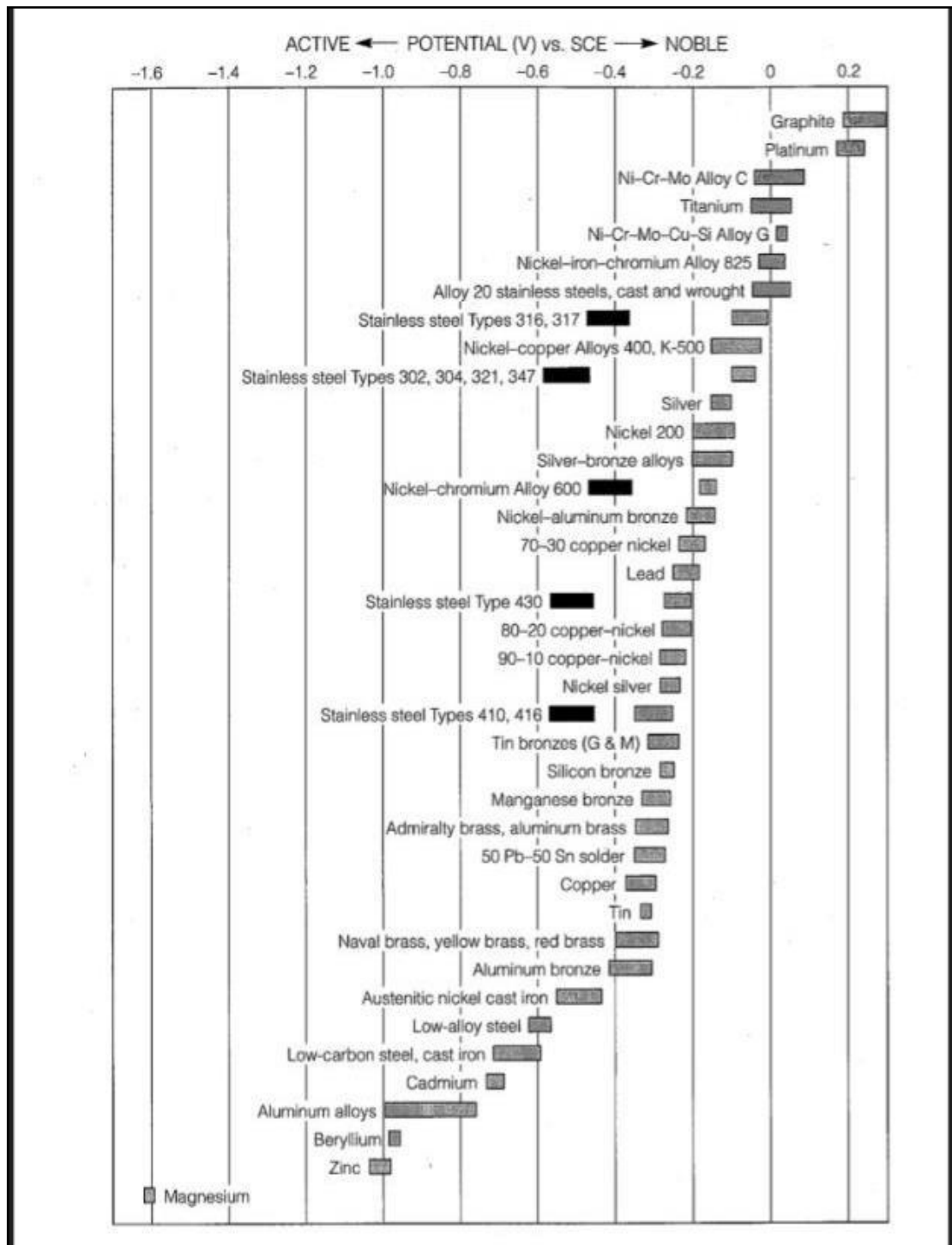
Family	Classes	Short name
(the metals and alloys of engineering)	Copper alloys	Cu alloys
	Lead alloys	Lead alloys
	Magnesium alloys	Mg alloys
	Nickel alloys	Ni alloys
	Carbon steels	Steels
	Stainless steels	Stainless steels
	Tin alloys	Tin alloys
	Titanium alloys	Ti alloys
	Tungsten alloys	W alloys
	Lead alloys	Pb alloys
	Zinc alloys	Zn alloys
<b>Ceramics</b>	Alumina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Technical ceramics (fine ceramics capable of load-bearing application)	Aluminum nitride	AlN
	Boron carbide	B <sub>4</sub> C
	Silicon Carbide	SiC
	Silicon Nitride	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
	Tungsten carbide	WC
Non-technical ceramics (porous ceramics of construction)	Brick	Brick
	Concrete	Concrete
	Stone	Stone
<b>Glasses</b>	Soda-lime glass	Soda-lime glass
	Borosilicate glass	Borosilicate glass
	Silica glass	Silica glass
	Glass ceramic	Glass ceramic
<b>Polymers</b>	Acrylonitrile butadiene styrene	ABS
(the thermoplastics and thermosets of engineering)	Cellulose polymers	CA
	Ionomers	Ionomers
	Epoxies	Epoxy
	Phenolics	Phenolics
	Polyamides (nylons)	PA
	Polycarbonate	PC
	Polyesters	Polyester
	Polyetheretherkeytone	PEEK
	Polyethylene	PE
	Polyethylene terephthalate	PET or PETE
	Polymethylmethacrylate	PMMA
	Polyoxymethylene (Acetal)	POM
	Polypropylene	PP
	Polystyrene	PS
	Polytetrafluorethylene	PTFE
	Polyvinylchloride	PVC



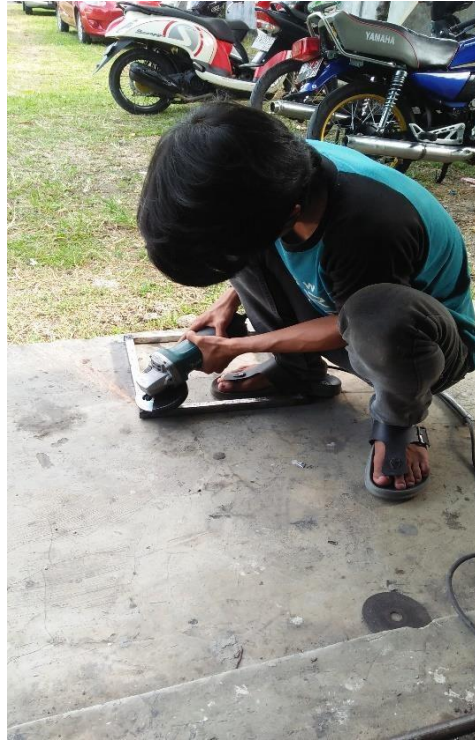
Family	Classes	Short name
Elastomers (engineering rubbers, natural and synthetic)	Butyl rubber	Butyl rubber
	EVA	EVA
	Isoprene	Isoprene
	Natural rubber	Natural rubber
	Polychloroprene (Neoprene)	Neoprene
	Polyurethane	PU
	Silicone elastomers	Silicones
Hybrids Composites	Carbon-fiber reinforced polymers	CFRP
	Glass-fiber reinforced polymers	GFRP
	SiC reinforced aluminum	Al-SiC
Foams	Flexible polymer foams	Flexible foams
	Rigid polymer foams	Rigid foams
Natural materials	Cork	Cork
	Bamboo	Bamboo
	Wood	Wood

## LAMPIRAN B

### Grafik Tentang Korosi Skala Galvanik



## LAMPIRAN C





## BIODATA PENULIS



Nama : Agusti Randa Ahmad  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat & Tgl. Lahir : Padang, 19 Agustus 1996  
Agama : Islam  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Alamat : Jl. Jawa gadut limau manis  
kecamatan pauh  
Nomor HP : 089618176436  
Email : randagaul3@gmail.com

### Pendidikan Formal

2015-2021: S1 Program Studi Teknik Mesin, Universitas Dharma Andalas  
2012-2015: SMA Dian Andalas Padang  
2009-2012: SMP N 21 Padang  
2002-2009: SD N 30 Padang  
2001-2002: TK Kartika Padang

### Pengalaman Akademik

2015: Pelatihan *Cleaning Injector* dengan YAMAHA  
2018: Kerja Praktek di PLTU Teluk Sirih

### Pengalaman Organisasi

2015-2016: Koordinator Lapangan HMM UNIDHA  
2017-2018: Koordinator Komisi II MPM UNIDHA