

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TUNGKU BUSUR

LISTRIK PORTABLE MENGGUNAKAN *CASTABLE*

***REFRACTORY* SEMEN TAHAN API**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau



Oleh: **ILHAM SYAMUDRA**

NPM: 153310146

Bidang Material

PROGAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TUNGKU BUSUR LISTRIK PORTABLE DENGAN MENGGUNAKAN *CASTABLE REFRACTORY* SEMEN TAHAN API”. Namun tidak lupa pula kita selalu panjatkan shalawat beriring salam kepada Nabi besar Muhammad SAW. Tugas Akhir ini merupakan hasil karya ilmiah yang ditulis untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapatkan gelar Sarjana strata satu (S-1) pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bimbingan, bantuan, arahan, nasehat, perhatian serta semangat dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pertama kali penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta dan tersayang Ayahanda (Del Antoni) dan Ibunda (Gusmarni), serta Kakak yang penyayang (Dian Anggrayni, ST.) dan dua adik-adikku tersayang (Rendy Gustriade dan Reza Nugraha) yang selalu memberikan doa, dukungan dan senantiasa memotivasiku untuk menghadapi dan menjalani kehidupan ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang telah memberi izin kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Jhonni Rahman, B. Eng., M.Eng., Ph. D., selaku Ketua Prodi Teknik Mesin sekaligus pembimbing tugas akhir program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. (Alm.) Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc selaku Pembimbing Proposal Tugas Akhir saya sebelumnya di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

5. Nadia Fitri, S.Pd., yang selalu mensupport dan membantu dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
6. Eko Afandi, SE., Irwansyah Tanjung, Afif Mufahdhol yang selalu menemani dan mengantar bimbingan kekampus.
7. Aidil Lidra S.T, yang sudah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh dosen program studi Teknik Mesin serta seluruh staf karyawan Fakultas Teknik yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan kemanfaatan bagi pembaca dan dapat mencapai tujuan yang diharapkan dari adanya penelitian yang akan dilakukan.

Pekanbaru, 29 Oktober 2021

Penulis

Ilham Syamudra

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Pengumpulan Data	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengecoran Logam	5
2.2 Aluminium	6
2.2.1 Industri Hulu	7
2.2.2 Industri Antara	8
2.2.3 Industri Hilir	9
2.3 Sifat-sifat Aluminium	9
2.4 Paduan Aluminium	11
2.5 Klasifikasi Tungku Peleburan Logam	11
2.5.1 Tungku Kupola(<i>cupolas furnance</i>).....	12
2.5.2 Tungku Pembakaran Langsung (<i>direct fuel-</i> <i>fired furnance</i>	13
2.5.3 Tungku Krusibel (<i>crucible furnance</i>)	14
2.5.4 Tungku Induksi (<i>induction furnance</i>)	17
2.5.5 Tungku Busur Listrik (<i>Electric Arc</i>	

<i>Furnance</i>)	18
2.6 Prinsip Kerja Arus Busur Listrik	20
2.7 Karakteristik Tungku Busur Listrik	20
2.8 Menghitung Energi Listrik	22
2.8.1 Rangkaian seri.....	22
2.8.2 Rangkaian Paralel	22
2.8.3 Daya	23
2.8.4 Menghitung Energi	23
2.8.5 Menghitung kebutuhan energi pada saat peleburan.....	23
2.8.6 Menghitung waktu pada saat peleburan.....	24
2.9 Bahan Refraktori	24
2.9.1 Refraktori Basa	27
2.9.2 Refraktori Silika	28
2.9.3 Refraktori Mortar.....	28
2.9.4 Refraktori Netral	29
2.9.5 Refraktori Spesial	29
2.9.6 Refraktori Alumina	30
2.9.7 Refraktori <i>Fireclay High Duty</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Rancangan Dari Pembuatan Alat	32
3.2 Diagram Alir Rancangan.....	32
3.3 Sketsa Perancangan	34
3.3.1 Bagian – bagian Tungku	34
3.3.2 Rancangan Tungku 2 Dimensi.....	36
3.3.3 Komponen Penunjang Tungku	37
3.3.4 Rangkaian Tungku	41
3.4 Proses Pembuatan Tungku Peleburan	42
3.5 Pengujian Tungku	44
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	45
BAB IV PERHITUNGAN	47
4.1 Perhitungan Dimensi Tungku.....	47

4.2 Design Keseluruhan	50
4.3 Pengujian dan Pembahasan	51
4.4 Cara Kinerja Alat	53
BAB V KESIMPULAN	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS



DAFTAR GAMBAR

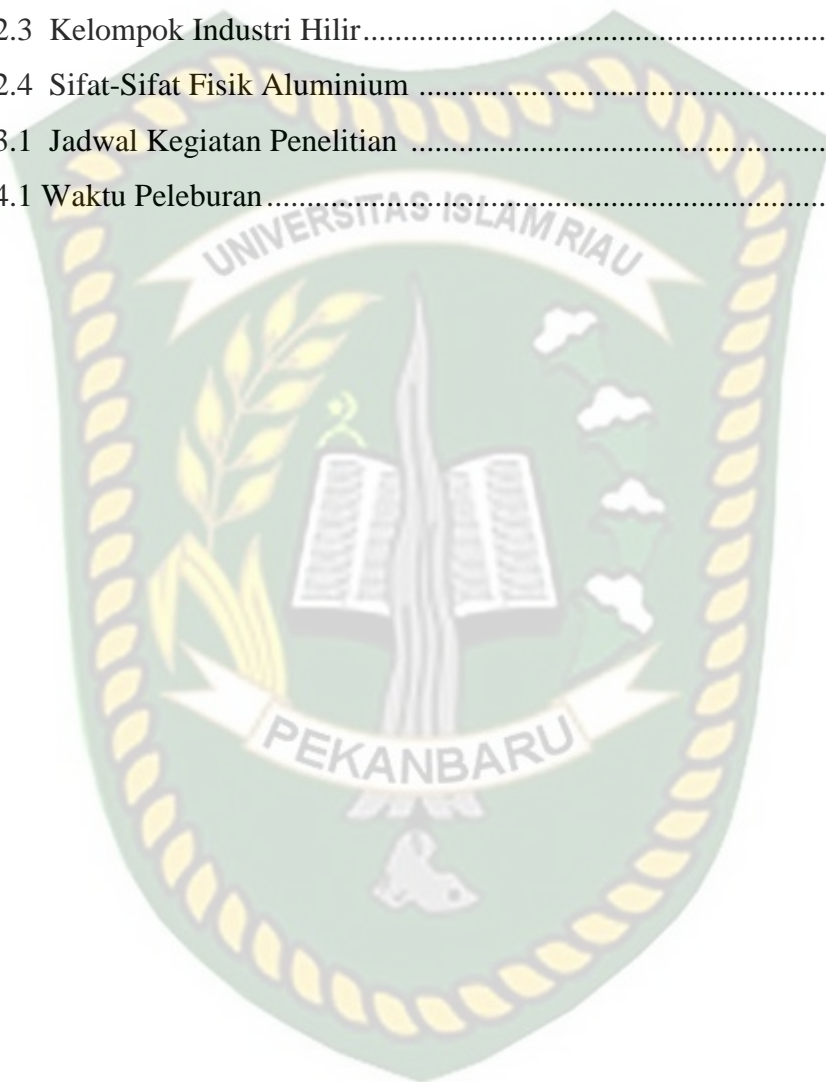
Gambar 2.1	Pohon Industri Aluminium	7
Gambar 2.2	Tungku Kupola Untuk Peleburan Besi Tuang	12
Gambar 2.3	Tipe-Tipe Tungku Krusibel	15
Gambar 2.4	Tungku Kedudukan Tetap	16
Gambar 2.5	Tungku Induksi	18
Gambar 2.6	Skena Tungku Busur Listrik	19
Gambar 2.7	<i>Refractory</i> Bata (<i>shaped</i>)	25
Gambar 2.8	<i>Refractory Monolitik</i>	26
Gambar 2.9	<i>Refractory Mortar</i>	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Rancangan	32
Gambar 3.2	Bagian-Bagian Tungku	34
Gambar 3.3	Sketsa Penutup Tungku	34
Gambar 3.4	Sketsa Tungku 2 Dimensi	36
Gambar 3.5	Rancangan Tungku 2 Dimensi	36
Gambar 3.6	<i>Design</i> Tungku 3 Dimensi	37
Gambar 3.7	Transformator	38
Gambar 3.8	Tang Jepit (<i>vise-grip</i>)	39
Gambar 3.9	Elektroda Grafit	40
Gambar 3.10	Termokopel Tipe K	40
Gambar 3.11	Rancangan Tungku	41
Gambar 3.12	Kerangka Tungku Besi	42
Gambar 3.13	<i>Refractory Monolitik</i>	43
Gambar 3.14	Alat dan Bahan Mencetak Tungku	44
Gambar 3.15	<i>Scrap</i> Aluminium	45
Gambar 4.1	Rancangan Tungku Bentuk Atas	50
Gambar 4.2	Rancangan Tungku Bentuk Samping	50
Gambar 4.3	<i>Design</i> Tungku 3 Dimensi	51
Gambar 4.4	Model Tungku Setelah Dibuat	52
Gambar 4.5	Hasil Peleburan Aluminium	52

Gambar 4.6 Kabel Trafo Las.....	53
Gambar 4.7 Tombol On/Off Trafo	54
Gambar 4.8 Stang Las	54
Gambar 4.9 Electroda Karbon Kutub Positif (+) dan Kutub Negatif (-)	54
Gambar 4.10 Inti Tungku Peleburan	55
Gambar 4.11 Tungku Pada Saat Ditutp.....	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelompok <i>Unwrought</i> Aluminium	8
Tabel 2.2 Kelompok Industri Antara	9
Tabel 2.3 Kelompok Industri Hilir.....	9
Tabel 2.4 Sifat-Sifat Fisik Aluminium	10
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	46
Tabel 4.1 Waktu Peleburan.....	53



DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Notasi</u>	<u>Satuan</u>
m	Massa	kg
Q	Banyak kalor	J
c		Kalor jenis zat
J/kg°C		
ΔT	Perubahan suhu	°C
I	Arus listrik	A
V	Volume	m ³
t	Waktu	s
P	Daya	watt
V	Tegangan Listrik	volt
ρ	Massa Jenis	

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TUNGKU BUSUR LISTRIK PORTABLE

MENGGUNAKAN *CASTABLE REFRACTORY* SEMEN TAHAN API

Ilham Syamudra, Jhonni Rahman, Syawaldi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 674834

Email: ilhamsyamudra@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Rancangan bangun tungku busur listrik *portable* menggunakan *castable refractory* semen tahan api dilakukan khusus untuk meleburkan logam aluminium dalam waktu singkat dengan kapasitas kecil. Tungku busur listrik ini juga menggunakan transformator, elektroda grafit, dan termokopel tipe K sebagai komponen pendukung untuk meleburkan dan mengukur temperature logam yang di cairkan. Hasil dari perhitungan energi yang dibutuhkan untuk mencairkan logam aluminium sebanyak 80 gram adalah 945,7 watt dalam selang waktu 200 detik. Untuk dimensi ruang bakar tungku yang berbentuk silinder dengan dimensi sebesar 36 mm diameter dengan kedalaman 30 mm. Setelah dilakukan pembuatan, dilakukan pengujian dengan menggunakan aluminium 80 gram tersebut sebanyak 3 kali percobaan. Maka didapat waktu rata-rata peleburan selama 210 detik..

Kata kunci: *Tungku busur listrik, Castable refractory, Aluminium*

***DESIGN AND MANUFACTURE OF PORTABLE ELECTRIC ARC
FURNITURE USING FIRE RESISTANT CASTABLE REFRACTORY***

Ilham Syamudra, Jhonni Rahman, Syawaldi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 674834

Email: ilhamsyamudra@student.uir.ac.id

ABSTRAK

The design of portable electric arc furnace using a castable refractory cement was carried for melting aluminium metal in a short time for small capacity. This electric arc furnace also uses a transformer, graphite electrode, and type K thermocouple as supporting components to melt and measure the temperature of the molten metal. the results of energy calculation shows the required energy to melt 80 grams of aluminium metal was 945,7 watts in 200 seconds. The combustion chamber of furnace was designed in the form of cylinder with dimensions of 36 mm in diameter and 30 mm of depth. After fabrication, the test carried out using the 80 gram aluminium for 3 times, and the average melting time was 210 seconds.

Keywords: Electric Arc Furnace, Castable, Refractory Aluminium

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tungku atau *furnance* dan juga lebih tepatnya disebut dengan nama tungku pembakaran yaitu alat yang digunakan untuk pemanasan pada sebuah logam. Tungku berasal dari Bahasa Lathin, Fornax. Yang berarti Oven. Dan sebagian orang menyebutnya dengan nama *Kiln*. Tungku ini biasa digunakan untuk keperluan industri. Di industri tungku yang digunakan berkapasitas besar, sehingga bisa membuat udara menjadi tercemar atau polusi udara yang membuat masyarakat sekitar menjadi sakit sesak nafas dan batuk-batuk. Oleh karena itu penulis melakukan perancang tungku busur listrik guna untuk mengurangi dampak tersebut. Supaya udara yang tercemar di daerah tersebut menjadi lebih baik dan masyarakat tidak terkena dampak dari asap yang dihasilkan oleh tungku busur listrik tersebut.

Tungku busur listrik merupakan suatu alat yang dipakai untuk meleburkan logam aluminium, ketika logam aluminium dipanaskan lalu mencair menggunakan busur listrik yang berada dari elektroda grafit ke logam aluminium didalam tungku. Logam yang dileburkan menggunakan tungku busur listrik saat ini kebanyakan melebur logam dengan skala yang besar mencapai kapasitas 400 ton di industri, jarang menggunakan tungku busur listrik portable. Tungku busur listrik portable ini dirancang dengan menggunakan bahan *Castable refractory* semen tahan api (Pungky, 2018).

Refraktori (*refractory*) merupakan salah satu jenis bahan bangunan keramik (*ceramic building material*) yang digunakan untuk proses peleburan dalam industri logam. Seperti aluminium, besi baja, keramik, timah, semen, keramik, dan lain sebagainya. Refraktori berfungsi sebagai wadah atau tempat bahan diproses pada suhu tinggi. Dan juga sebagai dinding (bahan penghantar atau penghalang terjadinya panas). Refraktori merupakan salah satu material yang sangat penting untuk melakukan proses peleburan dan pembuatan logam. Refraktori yang digunakan pada industri aluminium terutama fungsinya sebagai wadah peleburan aluminium. (Purnomo, 2007).

Pada penelitian ini penulis akan membuat dan merancang tungku peleburan logam aluminium menggunakan *Castable refractory* semen tahan api. Dengan memanfaatkan sumber energi listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang tungku busur listrik (*electric arc furnace*)?
2. Bagaimana unjuk kerja dari tungku busur listrik (*electric arc furnace*)?
3. Bagaimana cara menganalisa ketahanan sebuah alat dalam membuat tungku busur listrik (*electric arc furnace*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dibuat adalah sebagai berikut:

1. Merancang bentuk *design* dari tungku busur listrik yang akan dibuat.
2. Mendapatkan hasil kerja dari tungku busur listrik yang akan dibuat.
3. Untuk mendapatkan data hasil dari peleburan.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini, terdapat Batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Perancangan pembuatan tungku busur listrik yang meliputi bentuk atau *design*, material, dan komponen pada tungku busur listrik.
2. Penelitian ini lebih ditujukan pada pembuatan, perancangan, serta pengujian karakteristik tungku busur listrik skala portable ini untuk meleburkan logam Aluminium (Al).
3. Tungku busur listrik digunakan untuk peleburan logam aluminium skrap.
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tungku adalah material *castable refractory*.

1.5 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data yang yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka didapatkan dari berbagai referensi seperti jurnal, buku, e-book dll yang berhubungan serta membahas tentang tungku busur listrik (*electric arc furnance*)

2. Mengumpulkan alat, bahan, dan menganalisa data yang didapat sesudah melakukan pengujian.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun menggunakan sistematika penulisan yaitu sebagai berikut :

Bab I: Pendahuluan

Bab I ini menjelaskan pendahuluan tentang latar belakang dalam pemilihan judul, batasan masalah, metodologi pengumpulan data, tujuan penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II: Tinjauan Pustaka

Menjelaskan tentang dasar teori dari tungku, material, alat, serta bahan yang digunakan sebagai landasan dalam penelitian yang dilakukan.

Bab III: Metodologi Penelitian

Pada bab III ini berisikan tentang waktu dan tempat penelitian, subyek penelitian, perancangan tungku busur listrik, komponen-komponen pembuatan tungku busur listrik dan prosedur pengujian.

Bab IV: Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data dan mengidentifikasinya sesuai dengan variabel yang dibahas.

Bab V: Penutup

Terdapat kesimpulan-kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian dan mengidentifikasinya pada skripsi ini, serta saran yang dapat digunakan untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah salah satu teknik pembuatan sebuah produk dimana logam dipanaskan lalu dicairkan, dituang pada sebuah cetakan (Mold), sehingga logam dibiarkan mendingin dan membeku. 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. Proses pengecoran logam ini, juga dapat membuat benda-benda dengan bentuk apapun. Pada saat logam mencair ada berbagai macam tungku yang digunakan seperti kupola, *electrical arc furnance*, dan tungku listrik yang memanfaatkan prinsip induksi dengan frekuensi rendah biasanya digunakan pada saat pengecoran pada besi, tungku busur listrik ada tungku busur tinggi digunakan untuk coran pada baja, dan yang terakhir tanur kurs di gunakan untuk pengecoran pada paduan coran ringan atau tembaga. Karena dengan tungku ini logam yang dihasilkan bagus dan sangat ekonomis (Surdia, 2000).

Pada mengecor logam di perlukan pola tiruan untuk dibuat dengan pengecoran. Pola dapat dibuat dari besi, kayu, lilin dan lain-lain. Pola ini sedikit lebih besar ukurannya dari pada ukuran benda yang dibuat. Dengan tujuan untuk mengantisipasi logam yang telah dicor.

2.2 Aluminium

Aluminium merupakan logam yang sangat banyak digunakan didunia. dikarenakan kapasitasnya yang sangat banyak, juga kuat, ringan, tahan terhadap korosi, dan memiliki konduktivitas yang tinggi. Dari sifat-sifat tersebutlah aluminium banyak digunakan dikehidupan sehari-hari. Seperti di rumah tangga dan alat transportasi. Aluminium memiliki densitas yang rendah, yaitu $2,7 \text{ g/cm}^3$. Dan titik lebur $660 \text{ }^\circ\text{C}$. dengan kepadatan yang rendah aluminium membagi masa yang lebih rendah ke kapasitas yang sama sehingga bisa menyesuaikan penggunaan energi. Selain itu aluminium mempunyai kekuatan yang besar sehingga aluminium bisa di aplikasikan atau kebutuhan transportasi. Dibidang kontruksi, aluminium berguna untuk matrial pembuatan konsen atau pintu. Aluminium bisa digunakan untuk alat-alat masak karena memilii konduksi thermal yang tinggi. Aluminium juga memilki ketahan korosi yang baik, sehingga cocok untuk tempat makan dan minuman. Aluminium juga mempunyai wujud yang baik sehingga dapat digunakan untuk bentuk-bentuk yang rumit seperti profil aluminium hasil ekstrusi. Penggunaan aluminium sangat banyak di sukai karena ketika teroksidasi maka akan dihasilkan lapisan protektif Al_2O_3 yang menempel pada lapisan aluminium dan mengatasi terjadinya oksidasi lebih lanjut.



Gambar 2.1 Pohon Industri Aluminium
(Sumber : Kemenperin)

Pada gambar 2.1 diatas, dapat kita ketahui bahwa proses penggolongan aluminium dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Industri Hulu

PT. Inalum merupakan perusahaan yang menghasilkan aluminium jenis ingot primer. PT. Inalum penghasil aluminium ini didirikan pada tahun 1982 yang terletak di wilayah Kuala Tanjung.

Rangkaian pembuatan aluminium dimulai dari pengambilan bahan tambang yang mengandung aluminium (bauksit, corundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan sebagainya). kemudian bahan tambang diangkut ke proses bayer. Proses bayer menghasilkan alumina (Al_2O_3) dengan mencuci bahan tambang yang mengandung aluminium dengan larutan natrium hidroksida pada temperatur $175^{\circ}C$ untuk menghasilkan aluminium hidroksida, $Al(OH)_3$. Aluminium hidroksida kemudian dipanaskan pada suhu sedikit di atas $1000^{\circ}C$ untuk membentuk alumina dan H_2O yang menjadi uap

air. Setelah Alumina diproduksi, dibawa ke proses Hall – Heroult. Proses Hall – Heroult dimulai dengan melarutkan alumina dengan lelehan Na_3AlF_6 , atau yang biasa disebut cryolite. Larutan tersebut kemudian dielektrolisis dan akan menyebabkan aluminium cair menempel pada anoda, sedangkan oksigen dari alumina akan teroksidasi dengan anoda yang terbuat dari karbon, membentuk karbon dioksida. Aluminium cair memiliki densitas yang lebih ringan dari larutan alumina, sehingga pemisahan dapat dilakukan dengan mudah.

Tabel 2.1 Kelompok *Unwrought* Aluminium (Aluminium Bukan Tempaan)

Industri Hulu			
Bahan baku / <i>Unwrought</i> Aluminium / Aluminium bukan tempaan			
Bauksit	Alumina	Ingot (Batangan)	Scarp

2.2.2 Industri Antara

Dari produk hulu berupa ingot (batangan), selanjutnya di olah menjadi produk antara berupa produk aluminium lembaran dan produk aluminium batangan. Kedua jenis produk tersebut selanjutnya diolah menjadi produk hilir atau produk jadi yang akan digunakan disegala sektor.

Tabel 2.2 Industri produk Antara

Industri Produk Antara							
<i>Wire Rod</i> (Batangan kawat)	<i>Billet</i>	<i>Casting</i> (Pengecoran)	<i>Die Casting</i>	<i>Forging</i>	<i>Slab</i>	Kawat	<i>Plate Sheet</i>

2.2.3 Industri Hilir

Industri Hilir aluminium merupakan produk akhir yang akan digunakan langsung oleh konsumen seperti Aluminium strip / foil, kawat dan kabel, pipa, profil / ekstrusi, komponen dan peralatan rumah tangga. Misalnya menggunakan proses *Dies Casting* yang diproduksi untuk komponen kendaraan bermotor.

Tabel 2.3 Kelompok Aluminium Industri Hilir

Aluminium Industri Hilir						
Kabel	Profil Ekstrusi	<i>Pipe</i>	<i>Slug</i> (potongan timah)	<i>Strip</i>	<i>Foil</i>	<i>Circle</i>

2.3 Sifat- sifat Aluminium

Aluminium adalah logam ringan dengan berat senilai 34% dari besi dan memiliki volume yang sama dibandingkan dengan volume tembaga yaitu sekitar 30%. Tetapi jika aluminium dibandingkan dengan magnesium, komposisi aluminium lebih padat dari magnesium yaitu sekitar 1,5 kali kepadatan. Aluminium mempunyai struktur kristal *face centred cubic* (FCC) dengan kisi kristal $(a) = 4,4013 \text{ \AA}$ pada temperatur 25°C (Hom, 1967). Karena aluminium tidak beracun, maka aluminium banyak digunakan sebagai kemasan makanan. aluminium tidak memiliki rasa dan mengubah

warna makanan (Fellers, 1990). Selain memiliki sifat nya yang sebagai logam, aluminium memiliki hantaran listrik dan ketahanan korosi yang baik. Untuk menaikkan sifat mekaniknya, maka secara umum aluminium dapat dipadukan dengan menambah Cu, Fe, Si, Mn, Mg, dan Zn. Untuk memiliki sifat yang tahan terhadap morosi, aluminium bisa di campur dengan mg dan Si. Fe untuk mencegah agar tidak menyusut. Mn mempu memperbaiki bentuk. Sedangkan Cu agar aluminium bisa menambah kekuatan. Elemen-elemen tersebut ditambahkan satu per satu atau ditambahkan secara bersamaan. Penggunaan aluminium dan paduan-paduannya terdapat pada peralatan rumah tangga, pesawat terbang, kapal laut, mobil, sepeda motor, kemasan makanan dan minuman, dan kontruksi bangun rumah. Aluminium mempunyai sifat-sifat kemurnian yang dapat kita jabarkan pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

**Tabel 2.4 Sifat-Sifat dan Nilai Kemurnian Aluminium
(Surdia & Shinroku, 1992)**

Sifat – sifat Aluminium	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20 °C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g. °C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur (/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (20 – 100 °C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, Konstanta Kisi	FCC, a = 4,013 A	FCC, a = 4,013 A

2.4 Paduan Aluminium

Seperti halnya logam lainnya, untuk dapat mengubah sifat-sifat nya menjadi kuat, maka aluminium dikombinasikan dengan komponen yang sesuai dengan keperluan dan fungsinya . Paduan aluminium (*aluminium alloy*) kebanyakan untuk komersial karena lebih kuat dari aluminium murni. Sebagian logam yang dicampur ke aluminium murni dalam bentuk cair untuk daya tahan dan fleksibilitas yang lebih besar. Unsur kimia seperti Cu, Mn, Mg, Fe, dan Si nantinya akan ditambahkan ke aluminium, karena unsur-unsur ini tidak mudah berkarat jika dibandingkan besi karbon (Fellers, 1990).

2.5 Klasifikasi Tungku Pencairan Logam

Istilah dari tungku peleburan logam adalah suatu alat yang dipakai untuk melelehkan logam disaat proses pengecoran (*casting*) dan berfungsi sebagai pemanasan bahan dalam proses *heat treatment* (perlakuan panas).. Misalnya, sebagian bahan tidak menerima belerang dalam bahan bakar. Sehingga bahan bakar padat akan menjadi bahan partikulat yang akan mengganggu bahan baku yang ditempatkan di tungku.

Berdasarkan metode pembangkitan panasnya, tungku secara garis besar memiliki dua macam :

1. Tungku dengan menggunakan sumber listrik
2. Tungku pembakaran dengan menggunakan bahan bakar.

Tungku dengan sumber listrik, dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian, ada tanur panas langsung dan tanur panas tidak langsung. Pada tanur

panas langsung terjadi kontak antara kutub (+) dan kutub (-) yang akan menghasilkan panas, sementara pada tanur busur panas tidak langsung kontak antara kedua kutubnya tidak berlangsung. Tetapi hubungan antara kedua kutub tersebut melewati muatan (*charge*).

Beberapa tipe tungku yang biasanya digunakan pada pengecoran logam adalah *cupolas*, *direct fuel-fired furnance*, *crucible furnance*, *induction furnance*, and *electric arc furnance*.

2.5.1 Tungku Kupola (*cupolas furnance*)

Tungku kupola merupakan tungku kapasitas besar yang memiliki bentuk silinder vertikal. Pada tungku kupola terdapat sumber energi panas dari kokas dan gas untuk menaikkan suhu pembakaran. Bentuk umum konstruksi tanur kupola diilustrasikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tungku kupola untuk peleburan besi tuang
(Sumber : logamceper.com)

Tungku kupola terdiri dari sebuah selongsong panjang yang terbuat dari pelat baja yang dilapisi dengan refraktori. Kokas merupakan bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan tungku.

Udara bertekanan dialirkan melalui bukaan pada bagian dasar selongsong untuk kebutuhan pembakaran kokas. Berbagai campuran zat dalam kupola untuk membentuk *slag* atau terak. Fungsi dari terak untuk melindungi leburan dan reaksi terhadap daerah dalam kupola serta mengurangi hilangnya panas. Hasil dari tungku peleburan ini nantinya akan dilakukan penyadapan berkala, untuk menghilangkan besi yang meleleh (Aidil, 2019).

Kapasitas leleh tungku kupola dinyatakan dalam satuan berat persatuan waktu (ton per jam). Kinerja peleburan sama bervariasi tergantung pada volume udara, factor beban kokas besi, dan kondisi operasi peleburan lainnya.

Muatan pada tungku kupola yaitu sebagai berikut:

- a. Besi kasar , *persentase* sekitar (20% - 30%)
- b. Potongan baja , *persentase* sekitar (30% - 40%)
- c. Kandungan *carbon* dan silikon yang rendah .
- d. Potongan balik (corat yang cacat) yang dibeli dari pabrik pengecoran.
- e. Paduan besi (Fe-Si dan Fe-Mn) untuk menyesuaikan komposisi

2.5.2 Tungku Pembakaran Langsung (*direct fuel-fired furnace*)

Tungku pembakaran langsung memiliki bukaan yang kecil dimana logam dimasukkan, dan dipanaskan dengan api pembakaran (*burners*) yang terletak di sisi tungku. Penutup tungku membantu proses pemanasan dengan membalikan panas turun ke logam isian.

Biasanya bahan bakar yang digunakan berasal dari gas alam dengan sisa pembakarannya dibuang melalui cerobong asap. Pada bagian dasar inti tungku terdapat keran atau saluran mengeluarkan logam cair.

Konstruksi dari tungku pembakaran langsung adalah berbentuk silinder dimana pada bagian atas adalah inlet dari bahan mentah., sedangkan pada bagian bawah adalah lubang keluaran untuk material yang telah dilebur. Dinding bagian dalam tungku pembakaran langsung dilapisi material refraktori untuk mengisolasi panas dalam ruang tungku. Tungku pembakaran langsung secara umum digunakan untuk peleburan logam *nonferrous* seperti paduan tembaga dan aluminium.

2.5.3 Tungku Krusibel (*crucible furnance*)

Tungku ini melelehkan logam tanpa berkontak langsung dengan bahan bakar (tungku tidak langsung).Tungku krusibel merupakan tungku yang digunakan untuk peleburan *nonferro* seperti aluminium. Bahan bakar tungku krusibel adalah minyak, kemudian api yang dihasilkan akan dihembuskan menggunakan *blower*. Tungku krusibel merupakan jenis tungku *indirect fuel-fired furnance* yaitu tungku dengan pembakaran tidak langsung. Dalam penggunaannya terdapat tiga jenis tungku krusibel yang biasa digunakan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3 dari kiri ke kanan yaitu:

a. Krusibel angkat/Wadah angkat (*lift-out crucible*)

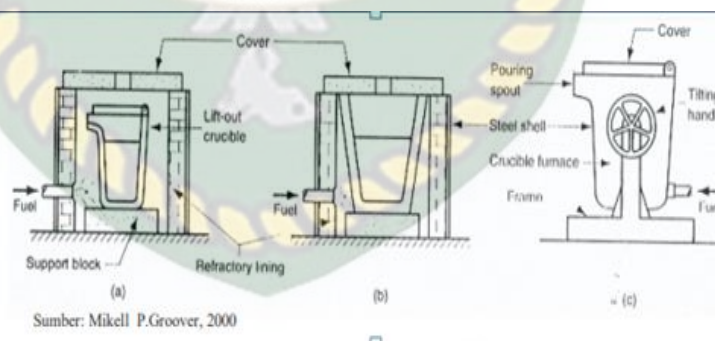
Krusibel atau wadah ditempatkan di dapur dan dipanaskan sampai logam meleleh. Sebagai bahan bakar menggunakan minyak, gas, dan bubuk batu bara. ketika logam telah meleleh, wadah dikeluarkan dari dapur dan digunakan sebagai label tuang.

b. Pot tetap (*stationary pot*)

Dapur tidak bergerak, logam cair diambil dari wadah dengan menggunakan sendok.

c. Dapur tukik (*tilting-pot furnace*)

Dapat dicelupkan untuk menuangkan logam yang meleleh. Dapur krusibel menggunakan bahan logam non-besi, seperti perunggu, kuningan, paduan seng, dan aluminium. Muatan dapur pada dasarnya berjumlah terbatas hanya beberapa ratus pound saja.



Gambar 2.3
Tipe-tipe *crucible furnace*
(Sumber : Aryanto Leman S, Dkk, 2017)

Tungku krusibel angkat merupakan wadah diletakan didapur yang kemudian dipanaskan sampai logam meleleh. Bahan-bahan yang digunakan seperti, gas, serbuk batu baru, dan bahan bakar

minyak. Ketika logam akan meleleh, wadah dikeluarkan pada tempatnya dan dapat digunakan untuk label penuangan. Kemudian logam cair dipindahkan dari wadah menggunakan sendok. Dapur tukik dapat dicelupkan untuk menuangkan logam cair.

Tungku krusibel dipakai untuk peleburan logam non-besi seperti kuningan, perunggu, paduan seng dan aluminium. Tungku krusibel mempunyai bentuk yang sangat sederhana. Tanur krusibel memanfaatkan bahan bakar seperti bahan bakar minyak atau gas yang mudah diawasi operasinya. Ada juga tungku yang bisa dimiringkan sehingga dilakukan ekstraksi logam di bawahnya dan biasanya digunakan untuk skala menengah dan besar. Adapun proses pengaplikasian tungku ini adalah dengan menggunakan tenaga listrik sebagai wadah pemanas, yaitu dengan pembangkit tenaga listrik yang memiliki frekuensi rendah, serta dapat menggunakan bahan bakar gas atau minyak, sementara tungku peleburan menggunakan burner yang berfungsi sebagai alat pemanas. Bentuk tungku berkedudukan tetap dapat terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tungku Berkedudukan Tetap
(Sumber : www.mackexperts.com)

Dapur posisi tetap Tempat pembakaran terbuka adalah tempat pembakaran yang bentuknya agak rendah dan logam cairnya akan meleleh, dan menjadi dangkal. Tungku ini biasanya digunakan untuk melebur besi cor putih dan besi tempa, dan terkadang juga digunakan untuk peleburan logam non-ferrous. Biaya operasional kiln ini lebih tinggi daripada cungkup. Seringkali kiln ini digabungkan dengan kubah dalam operasinya. Pertama, peleburan dilakukan dengan kubah, kemudian cairan dipindahkan ke tungku udara untuk menyesuaikan komposisinya.

2.5.4 Dapur Induksi (induction furnace)

Dapur induksi adalah tungku yang memanfaatkan sumber energi listrik sebagai sumber energi panas dengan arus listrik bolak-balik (AC) yang nantinya akan melewati kumparan tembaga dan menghasilkan medan magnet yang terdapat bahan pengisi di dalamnya. Dimana medan magnet akan bercampur dengan logam cair karena adanya gaya magnet antara kumparan dengan logam cair yang akan menimbulkan efek pengadukan untuk menghomogenkan komposisi logam cair.

Tungku induksi mampu melelehkan berbagai jenis logam seperti besi dan baja. Selain itu, tungku induksi dapat digunakan untuk peleburan skala kecil. Gambaran umum tungku induksi untuk proses pengecoran logam diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tungku Induksi
(Sumber : www.acieriefonderiehautesambre.com)

Tungku induksi bersifat ramah lingkungan, karena tidak menimbulkan polusi. Sehingga hasil peleburan logam dengan tungku induksi berkualitas tinggi dan bebas pengotor. Tungku induksi hampir digunakan di setiap pengocoran paduan peleburan logam, dan aluminium paduan yang diaplikasikan pada pekerjaan peleburan.

2.5.5 *Electric Arc Furnace* (Tungku Busur Listrik)

Prinsip dasar dan istilah proses kerja *electrical arc furnace* atau tungku busur listrik jika kedua kutub saling didekatkan dengan interval tertentu maka terjadi proses loncatan bunga api. Tanur busur listrik digunakan sebagai penghasil panas. Tungku busur listrik adalah tungku yang mencairkan logam dengan panas yang dibangkitkan dari busur listrik. Berbagai konfigurasi tersedia dalam penggunaan elektroda boleh dua ataupun tiga buah elektroda. Konsumsi daya pada penggunaan tungku busur listrik sangat tinggi, tetapi dapat dirancang untuk kapasitas peleburan yang tinggi (23.000 – 45.000) kg/jam atau 25-50 km.jam) dan digunakan untuk

pengecoran baja. Kontruksi dari busur listrik dapat diliat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6
Skema Tungku Busur Listrik
(Sumber : alibaba.com)

Menurut *survey* terdapat 33% dari baja kasar (*crude steel*) yang dihasilkan menggunakan tanur busur listrik (*electrical arc furnance*). Sementara daya tampung dari hasil *electrical arc furnance* dapat mencapai sekitar ± 400 ton. Keunggulan dari *electrical arc furnance* ini ialah energi yang dilepaskan oleh tungku listrik pada logam berasal dari bahan baku yang sangat besar, sehingga menyebabkan oksidasi yang besar juga pada logam cair. Dengan terjadinya hal tersebut, menyebabkan *carbon* yang terdapat pada logam sebagai bahan baku yang telah teroksidasi, sehingga kandungan *carbon* yang terdapat pada logam tersebut akan berkurang.

2.6 Prinsip Kerja Pembangkitan Panas pada Busur Listrik

Pada saat peleburan menggunakan tanur listrik, terdapat 2 macam tanur listrik yang dapat digunakan pada saat proses peleburan dengan *electric arc furnace*, yaitu *direct current* (arus searah) dan *alternating current* (arus bolak-balik). Arus bolak-balik dapat digunakan pada saat peleburan dengan sistem listrik 3 *phase* yang memerlukan elektroda grafit.

Prinsip pembangkitan panas dalam tungku busur listrik adalah bahwa panas muncul karena hambatan ketika arus listrik mengalir. Pada saat terjadinya pembangkitan panas, logam yang dimuat ke dalam tungku akan menahan arus listrik. Ketika logam meleleh, terak menahan arus listrik. Untuk mempertahankan suplai panas setelah logam meleleh, elektroda harus dinaikkan sehingga hanya menyentuh permukaan lapisan terak. Panas yang dihasilkan oleh lompatan elektron (bunga api) yang disertai arus listrik, dengan adanya arus listrik ini menyebabkan aliran yang diinduksi dalam cairan, dan menimbulkan mekanika fluida sehingga terjadinya pencampuran zat cair.

Dalam tungku busur, elektroda digunakan untuk mengirimkan arus tungku listrik ke bahan peleburan (*carbon* atau grafit), dimana bahan peleburan tersebut tahan terhadap konduktivitas termal yang tinggi (Pungky, 2017).

2.7 Karakteristik Arus Tanur Listrik

1. Karakteristik tungku busur listrik (*electrical arc furnace*), yaitu:

a. Sistem Kerja :

- 1) Dapat menghasilkan panas dalam waktu yang relatif singkat. Ini karena kepadatan energinya yang tinggi.
- 2) Proses pemanasan pada tungku listrik dapat memungkinkan untuk mencapai suhu yang relatif tinggi.
- 3) Proses pemanasan dapat dilakukan pada tempat tertentu.
- 4) Sistem dapat bekerja secara manual dan otomatis.

b. Penggunaan daya listrik :

Pemanasan memakai daya listrik biasanya sangat hemat energi, tergantung pada sifat bahan yang akan dipanaskan.

2. Kelebihan dan Kerugian Tungku Listrik

a. Kelebihan tungku listrik :

- 1) Pada saat pemakaian, sumber panas pada tungku listrik dapat *disetting* sesuai keinginan.
- 2) Menghasilkan uap yang relatif rendah.
- 3) Tungku listrik bersifat *portable*, dapat dipindahkan ke berbagai tempat.
- 4) Sumber panas yang dihasilkan dari tungku listrik memiliki peluang yang sangat kecil untuk tercemar udara dari luar.
- 5) Kemampuan panas sangat baik sekitar $\pm 70\%$.

b. Kerugian Tungku Listrik

Kerugian dari tungku listrik peleburan adalah membutuhkan biaya tinggi karena kebutuhan listrik besar.

2.8 Menghitung Energi Listrik

2.8.1 Rangkaian Hambatan Listrik Seri

Rangkaian seri ialah rangkaian susunan bagian listrik yang saling sejajar. Rangkaian hambatan listrik seri ini dibuat memisahkan beda potensial dan meningkatkan resistansi. Oleh karena itu, di setiap rumah-rumah jarang menggunakan komponen-komponen yang berhubungan dengan rangkaian seri. Adapun rumus hambatan listrik seri ini sebagai berikut :

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

Dimana:

I ⇒ Besar arus listrik (Ampere)

V ⇒ Tegangan listrik (Volt)

2.8.2 Rangkaian Hambatan Listrik Paralel

Rangkaian hambatan listrik paralel adalah rangkaian yang terdiri dari satu jalur untuk melewati arus. Sambungan paralel digunakan untuk mengurangi hambatan dan memisahkan arus. Ketika resistor listrik dihubungkan secara paralel, perbedaan potensial keduanya adalah sama. Adapun rumus hambatan paralel ini sebagai berikut :

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3$$

2.8.3 Daya

Daya merupakan besaran listrik yang mengalir melalui suatu penghantar dalam suatu rangkaian listrik. Semakin besar daya yang digunakan semakin besar arus yang dihasilkan. Rumus menghitung daya adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

Dimana :

P ⇒ Daya (watt)

V ⇒ Tegangan listrik (volt)

I ⇒ Besar arus listrik (ampere)

2.8.4 Menghitung Energi

Rumus untuk menghitung energi yang di hasilkan oleh panas dari dapur busur listrik adalah:

$$W = V \times I \times t$$

Dimana :

W ⇒ Energi listrik (Joule)

V ⇒ Tegangan listrik (Volt)

I ⇒ Besar arus listrik (Ampere)

T ⇒ Waktu yang dibutuhkan (Detik)

2.8.5 Menghitung kebutuhan energi pada saat peleburan

Untuk menghitung energi dibutuhkan pada saat waktu peleburan energi yang dibutuhkan waktu peleburan, dapat kita hitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Q = m \times c \times (T_1 + T_2) \times 4, 17$$

Dimana :

$Q \Rightarrow$ Banyak kalor yang diterima atau dilepas oleh suatu benda (Joule)

$m \Rightarrow$ Massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)

$c \Rightarrow$ Kalor jenis zat ($J/kg^{\circ}C$)

$T_1 \Rightarrow$ Titik leleh aluminium ($^{\circ}C$)

$T_2 \Rightarrow$ Suhu aluminium awal ($^{\circ}C$)

2.8.6 Menghitung waktu pada saat peleburan

Untuk menghitung waktu pada saat peleburan, maka bisa dipakai rumus menghitung energi .

2.9 Bahan Refraktori

Refraktori merupakan bahan anorganik non-logam yang sulit meleleh pada suhu tinggi dan biasanya digunakan dalam industri yang memiliki suhu tinggi. Material refraktori mempunyai kemampuan tahan terhadap suhu yang tinggi, tahan terhadap terak cair, logam cair, gas-gas yang menyebabkan perkaratan, perubahan panas, ketahanan benturan dan ketahanan aus. Dengan kata lain, *refractory* diharapkan mampu mempertahankan sifat aslinya dalam kondisi ekstrim seperti suhu tinggi dan reaksi dengan zat asam korosif (M. Rais. 2015).

Refraktori diharapkan bebas void dan memiliki komposisi fasa yang baik. Porositas merupakan faktor yang sangat penting untuk dipertimbangkan saat membuat *product* refraktori. Penurunan porositas, dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan korosi sesuai dengan bentuk bahan tahan api, dan dapat diklasifikasikan kedalam 4 kategori yaitu :

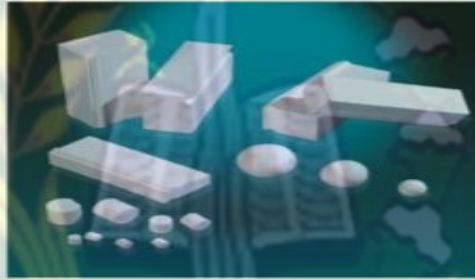
1. Refraktori Bata Tahan Api (*refractory brick*)

2. Refraktori *Castable* (*refractory castable*)
3. Refraktori Mortar
4. *Refractory Anchor*

Bahan tahan api (*refractory*) dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Bata (*shaped*), dan
2. Monolitik (*unshaped*).

Bentuk refraktori jenis bata dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7
Refraktori bata (*shaped*)
(Sumber : Aidil Lidra, 2019)

Refraktori jenis bata mempunyai banyak bentuk dan ukuran, seperti kubah, lurus kecil, tabung, belahan dan model lainnya. Refraktori jenis bata biasanya digunakan untuk dinding lapisan tungku pada peralatan pemanas.

Sedangkan untuk *refractory* monolitik merupakan campuran butiran serbuk mineral material refraktori yang kering dengan bahan pengikat (*binder*) baik cair maupun bahan kimia cair lainnya. Bahan cair berfungsi sebagai pengikat sehingga diperoleh campuran yang homogen dan bersifat plastis apabila bercampur dengan air dan digunakan segera setelah proses pencampuran dilakukan.



Gambar 2.8
Refractory Monolitik
(Sumber : Aidil, 2019)

Refraktori monolitik biasanya digunakan untuk melapisi atau sebagai penyambung bata tahan api distruktur tungku atau *furnance*. Kelebihan dari penggunaan refraktori monolitik adalah dapat membuat produk sesuai keinginan.

Berdasarkan komposisi kimia penyusunnya, material refraktori dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu refraktori asam seperti silika, refraktori netral seperti alumina, dan refraktori basa seperti magnesit, serta refraktori khusus seperti karbon, silikon karbida, dan lainnya. Masing-masing jenis refraktori mempunyai keunggulan yang bisa di aplikasikan dalam industri pengecoran logam.

Kriteria pemilihan harus mencakup refraktori yang biasa digunakan pada tungku krusibel, dengan sifat-sifat sebagai berikut:

1. Tidak meleleh pada suhu yang relatif tinggi.
2. Mamapu menahan panas jangka Panjang apabila terjadi tekanan suhu.
3. Pada saat tekanan yang bersuhu tinggi, refraktori tidak mudah hancur.
4. Koefisien panas yang rendah mampu meminimalisir keilangan panas.

Bahan tahan api (*refractory*) dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis sesuai :

1. Komposisi kimia terdiri dari: refraktori netral (M_2O_3), refraktori basa (MO), refraktori asam (MO_2), refraktroi khusus seperti C, SiC, Borida Karbida, Sulfida, dan lain-lain.
2. Proses pencetakan : Refraktori dicetak dengan tangan dan ddibentuk secara mekanik (tekanan tinggi). Refraktori yang telah dibentuk secara mekanik tadi, dibentuk Kembali melalui cetak tuang. Jenis lainnya adalah refraktori yang berupa serbuk, seperti *castable*, dan *gun mix mortar*.
3. Komposisi mineral seperti silika, korundum, magnesit, dan tanah liat millite, dan bahan-bahan lainnya.

2.9.1 Refraktori Jenis Basa

Istilah “Refraktori Alkali (Basa) adalah klasifikasi secara umum bahan tahan api (*refractory*) yang bahan bakunya terdiri dari oksida dasar yang bahannya digunakan sekitar lingkungan yang berkondisi basa. Alasan menggunakan *refractory* ini adalah memiliki katahan panas dan tahan terhadap *slag* basa, tahan terhadap korosi, dan kekuatan mekanik yang tinggi. Magnesia (MgO) merupakan elemen utama dari refraktori basa. Oleh karena itu, refraktori yang mengandung banyak Magnesia digolongkan ke dalam kelompok basa, pada umumnya terdapat jenis-jenis dari refraktori basa, yaitu Magnesia Carbon, Magnesia (MgO),Magnesia Dolomite, Magnesia Spinel, Magnesia-Chrome, Magnesia. Refraktori basa digunakan

pada tungku busur listrik, tungku sembur oksigen, *hot metal car*, dan lain-lain.

2.9.2 Reraktori Silika

Refraktori silika dapat digolongkan kedalam refraktori kelompok asam, penggolongan ini menurut jumlah dari kemurnian kandung refraktori silika yang biasa disebut "***Flux Factor***". Dimana kandungan unsur yang lain harus lebih sedikit seperti alumina (Al_2O_3) tidak lebih dari 1,5%, titania (TiO_2) tidak lebih dari 0,2% besi, besi oksida (FeO_3) tidak lebih dari 2,5% dan semen oksida (CaO) tidak lebih 4%. Nilai rata-rata dari MOR tidak kurang dari 3,45 MPa.

Refraktori silika mempunyai temperatur leleh pada (1600°C - 1725°C) dan dapat menahan tekanan yang relatif tinggi karena itu refraktori silika volumenya konstan pada temperatur tinggi, serta mempunyai tahanan *slag* asam yang baik tapi tidak cukup kuat untuk menahan *slag* basa. Beberapa penggunaan batu bata jenis ini, antara lain tungku induksi peleburan besi cor, keramik, atap tungku busur listrik (M. Rais, 2017).

2.9.3 Refraktori Mortar

Refraktori jenis mortar digunakan untuk merekatkan satu batu bata ke batu bata yang lainnya dan akan membentuk lapisan penutup pada sambungan. Bahan refraktori mortar memiliki sifat yang berbeda dan unik, seperti kekuatan, perpaduan, ketidak tembusan,

kestabilan isi (*volume stability*), dan sifat plastis. Saat digunakan, harus mempertimbangkan kecocokan mortar, apakah bahan refraktori dapat menahan *slag*, logam cair dan kondisi *atmosfire* yang terpapar udara. Bentuk refraktori mortar dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9
Refraktori Mortar
(Sumber : M. Rais, 2015)

2.9.4 Refraktori Netral

Refraktori netral adalah refraktori yang bersifat inert terhadap suasana asam atau basa. Dengan kata lain refraktori netral dapat digunakan di segala kondisi baik asam maupun basa. Produk dari refraktori netral seperti refraktori karbon dan *chromite* (Aidil, 2019).

2.9.5 Refraktori Spesial

Refraktori special adalah jenis refraktori yang dibuat untuk keperluan yang sangat khusus seperti penggunaan ada *reactor* atom dan teknologi gas terbaru. Penggunaan refraktori khusus

membutuhkan biaya instalasi yang mahal karena ketersediaannya yang terbatas. Contoh refraktori special dalam penggunaan khusus seperti *zirconium thoranium* (Aidil, 2019).

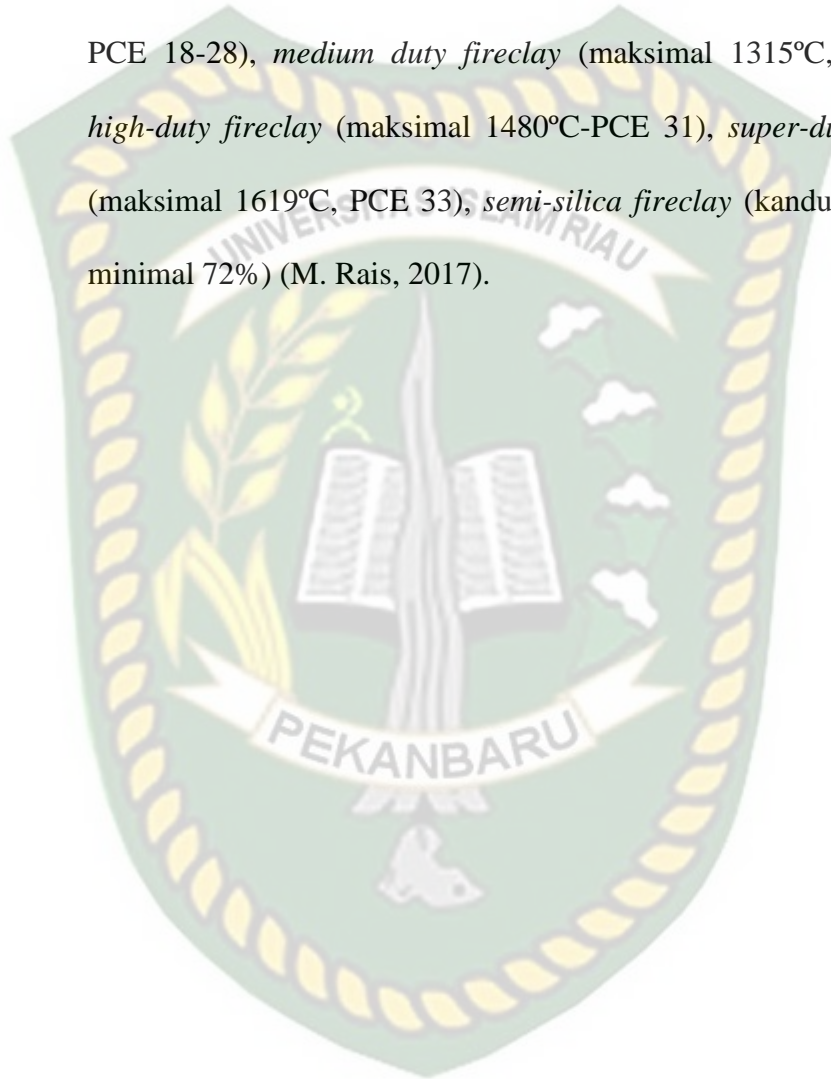
2.9.6 Refraktori dengan kandungan Alumina Tinggi

Refraktori dengan kandungan alumina tinggi (Al_2O_3) memiliki kandungan alumina lebih dari 47,5% yang telah memnuhi standar ASTM dan menggunakan suhu operasi hingga 2050°C. Kelompok refraktori yang lainnya termasuk alumina-chrome, mullite, alumina-carbon. Refraktori dengan kandungan alumina tinggi sekitar 70%-78% yang memiliki fasa mullite dan termasuk dalam kategori refraktori dengan kandungan alumina tinggi. Jenis refraktori ini memiliki ketahanan *spalling* yang sangat baik dan ketahanan pembebanan yang tinggi. Refraktori alumina umumnya digunakan pada tungkupembuatan baja, besi tuang, keramik, kaca, rotary kiln, dan lain-lain (M. Rais, 2017).

2.9.7 Refraktori Jenis *Fireclay High Duty*

Refraktori dengan jenis fireclay sebagian terdiri aluminosilikat terhidrasi, tetapi dalam jumlah yang sedikit jika dibandingkan dengan komponen mineral lainnya. Salah satu mineral yang digunakan dalam memproduksi *fireclay* adalah kaolinite ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). *Refractory fireclay* memiliki temperatur *service* yang maksimum dan nilai *pyrometric cone equivalent* (PCE) yang tinggi. Pada umumnya temperatur leleh dan temperatur *service*

meningkat dengan kandungan alumina yang tinggi antara 40%-44%. Kelompok *fireclay* dapat dibagi ke dalam beberapa kelompok menurut standar ASTM yaitu, *low-duty fireclay* (maksimal 870°C, PCE 18-28), *medium duty fireclay* (maksimal 1315°C, PCE 29), *high-duty fireclay* (maksimal 1480°C-PCE 31), *super-duty fireclay* (maksimal 1619°C, PCE 33), *semi-silica fireclay* (kandungan silika minimal 72%) (M. Rais, 2017).



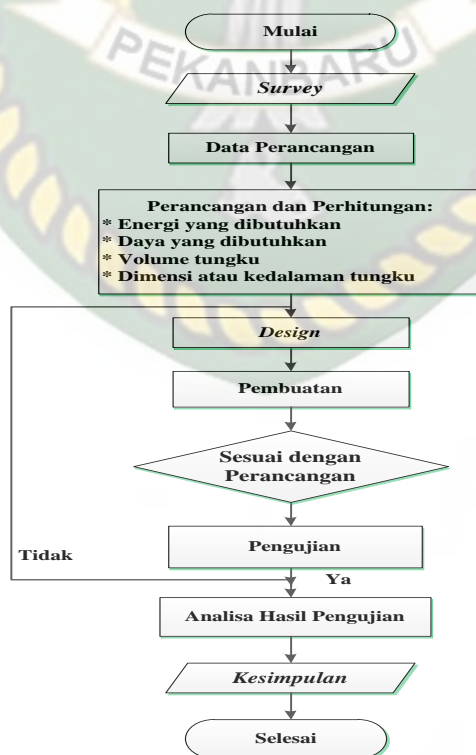
BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Dari Pembuatan Alat

Penelitian dilakukan langkah demi langkah, dimulai dengan mempersiapkan bahan-bahan dan mencari referensi sebagai pendukung, untuk membuat rancangan *design* alat dan bahan, ditambah hasil analisis data. Tungku busur listrik dibuat dengan menggunakan material *castable refractory*, transformator, elektroda grafit, dan termokopel tipe k yang digunakan sebagai komponen pendukung untuk mengukur dan melakukan peleburan logam.

3.2 Diagram Alir Rancangan



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Tungku

Pada rancangan diagram alir di atas, disimpulkan bahwa pada penelitian Tugas akhir ini terdapat langkah-langkah yang dilakukan dengan hasil yang diperoleh Dalam pembuatan mesin ini tepat sasaran dan sesuai yang di harapkan. Antara lain:

1. Mulai

Sebelum merancang sebuah tungku, mulai dengan langkah awal dalam pengerjaan sesuai judul.

2. Survey

Konsep pembahasan dalam survey ini yaitu, melakukan peninjauan ke lapangan untuk mengangkat dan menganalisa suatu judul yang akan di ambil dalam tugas akhir ini.

3. Data rancangan

Menentukan data-data perancangan pada pembuatan tungku.

4. Perancangan dan perhitungan

Dalam tahap ini mulai melakukan perhitungan, mendesain dan menentukan jenis bahan material yang dibutuhkan pada tungku busur listrik.

5. Pembuatan

Dalam tahap ini dilakukan pembuatan dengan memikirkan konsep dari tungku yang akan dibuat seperti menentukan bentuk, dimensi, dan sistem kerja dari tungku hingga selesai.

6. Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah untuk melihat kondisi dalam proses peleburan logam aluminium.

7. Analisa dan Data

Hasil dari pengumpulan data dari pengujian atau pengolahan data yang dilakukan di lapangan dari awal proses pembuatan alat sampai alat selesai.

3.3 Sketsa Perancangan

Berdasarkan beberapa pilihan dan solusi dalam menentukan model atau *design* tungku dan hasil identifikasi masalah yang digunakan untuk memberikan gambaran bentuk dari tungku dapat dilihat pada gambar 3.2

3.3.1 Bagian – bagian Tungku



Gambar 3.2 Bagian-bagian tungku
(Sumber : Aidil Lidra, 2019)

Dalam tungku terdapat bagian – bagian yaitu:

a. Penutup Tungku



Gambar 3.3 Sketsa penutup Tungku
(Sumber : Pungky, 2016)

Penutup tungku merupakan bagian yang berfungsi sebagai penghambat panas yang keluar dari tungku pada saat proses peleburan dilakukan. Penutup tungku memiliki ganggang untuk memudahkan dalam hal memasang dan melepas penutup tungku. Penutup tungku juga berfungsi menghambat radiasi dan cahaya ekstrim dari pancaran cahaya busur listrik yang di timbulkan.

b. Rangka Tungku

Rangka tungku terbuat dari besi yang berfungsi untuk memperkokoh konstruksi tungku. Rangka tungku juga memiliki ganggang untuk mempermudah tungku apabila ingin dipindahkan dan mengangkat tungku.

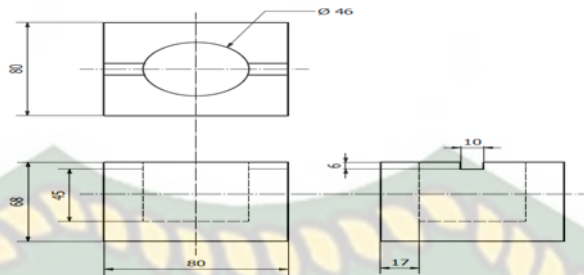
c. Saluran Tuang Untuk Logam Cair

Pada sisi tungku dibuat alur untuk menyalurkan logam cair pada saat proses penuangan logam kedalam cetakan.

d. Badan Tungku

Badan tungku adalah dinding yang melengkapi inti tungku yang terbuat dari material refraktori semen tahan api. Badan tungku yang berbentuk kubus.

e. Inti Tungku



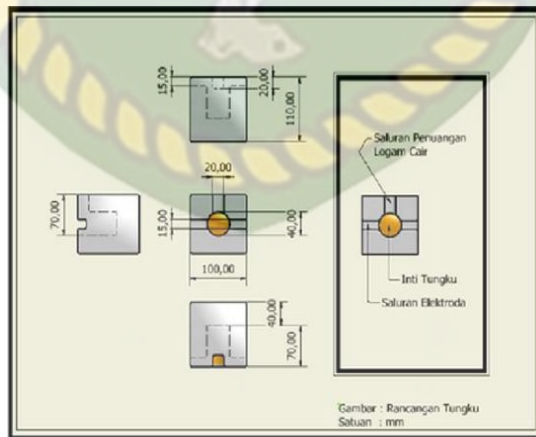
Gambar 3.4 Sketsa Tungku 2D
(Sumber : Pungky, 2016)

Inti tungku merupakan ruang kosong yang berbentuk silinder dalam badan tungku , untuk menampung *scrap Alumumunium* dalam proses peleburan.

f. Saluran Elektroda

Merupakan jalur masuk elektroda pada sisi kiri dan kanan badan tungku untuk proses menimbulkan busur atau *arc* pada saat kutub-kutub elektroda saling didekatkan.

3.3.2 Rancangan Tungku 2 Dimensi



Gambar 3.5 Rancangan tungku 2 dimensi
(Aidil Lidra, 2019)

Berdasarkan gambar 3.5 model tungku yang direncanakan adalah berbentuk kotak dengan panjang 100 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 110 mm. Bagian dalam atau inti tungku dibuat berbentuk ruang silinder dengan diameter 400 mm dan tinggi 70 mm. Pada bagian atas badan tungku dibuat 3 buah alur yaitu saluran ruang untuk logam cair dan dua buah saluran elektroda yang dibuat sejajar. Sedangkan untuk penutup tungku mengikuti bentuk badan tungku dengan panjang 100 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 30 mm.

Bentuk rancangan tungku dari model 2D kemudian di *extrude* menjadi bentuk 3D seperti pada gambar 3.6. Model 3D dibuat untuk mendeskripsikan bentuk tungku yang akan dibuat.



Gambar 3.6 *Design* tungku 3 dimensi
(Pungky, 2016)

3.3.3 Komponen Penunjang Tungku

Untuk menjalankan fungsi tungku busur listrik diperlukan beberapa komponen penunjang sebagai berikut:

a. Kabel

Kabel merupakan media penghubung untuk menyalurkan listrik dari sumber berbagai peralatan yang digunakan.

b. Transformator

Transformator merupakan alat untuk menurunkan dan menaikkan tegangan AC. Transformator mempunyai dua terminal, yaitu terminal input dan terminal output. Terminal input terdapat pada kumparan primer dan terminal output terdapat pada kumparan sekunder. Prinsip kerja transformator adalah seperti prinsip induksi elektromagnet, dimana arus bolak-balik yang melalui kumparan akan menimbulkan medan magnet.



Gambar 3.7 Transformator
Sumber: id.aliexpress.com

Pada gambar 3.7 merupakan transformator jenis *portable* yang cukup ringan sehingga mudah dipindah-pindahkan. Transformator ini memerlukan daya listrik mulai dari 900 watt hingga 1300 watt dan mengeluarkan arus listrik 30 hingga 160 ampere.

c. Tang Jepit (*vise-grip*)

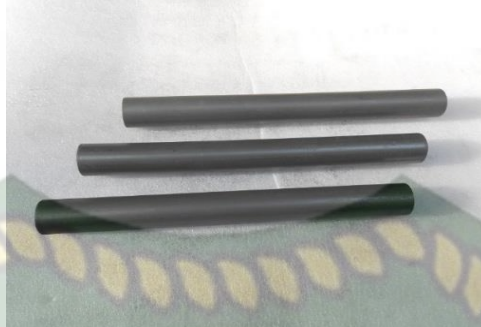
Tang jepit merupakan alat yang digunakan untuk memegang benda kerja. Tang jepit terbuat dari baja yang pemegangnya dilapisi dengan karet keras. Tang jepit pada penelitian ini digunakan untuk menjepit elektroda grafit dengan kuat untuk menghasilkan nyala busur yang stabil pada penggunaan tungku busur listrik. Contoh tang jepit yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.8 sebagai berikut:



Gambar 3.8
Tang Jepit (*vise-grip*)
Sumber: Bhinneka.com

d. Elektroda Grafit

Elektroda merupakan sebuah konduktor (penghantar listrik) dari satu media ke media lainnya, biasanya dari sumber listrik ke perangkat. Elektroda dapat terbuat dari bahan logam ataupun konduktor non logam seperti grafit. Pada penelitian ini menggunakan elektroda grafit dengan panjang 100 mm dan diameter 10 mm dapat dilihat pada gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3.9
Elektroda Grafit
Sumber: id.aliexpress.com

Berdasarkan literatur, penggunaan elektroda dari bahan grafit lebih menguntungkan karena ketahanannya yang baik terhadap temperatur tinggi.

e. Termokopel Tipe K

Termokopel tipe K merupakan sensor pengukur perubahan temperatur. Temperatur yang dapat diukur dengan alat ukur ini hingga 1200°C . Model termokopel yang akan digunakan pada penelitian ini seperti pada gambar 3.10 sebagai berikut.

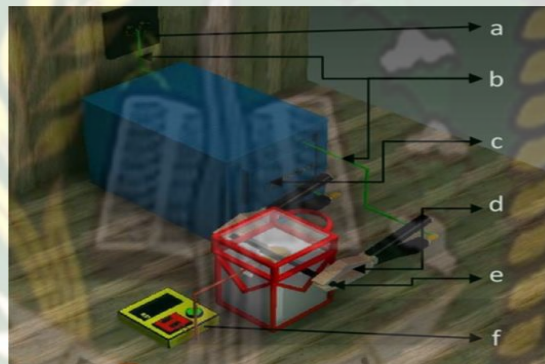


Gambar 3.10
Termokopel Tipe K
Sumber: id.aliexpress.com

Termokopel ini merupakan termokopel digital , yaitu nilai terukur dapat langsung terbaca pada LCD. Untuk pengukuran temperatur tersedia dua port yang dapat digunakan sekaligus.

3.3.4 Rangkaian Tungku

Komponen-komponen penunjang tungku perlu dirangkai untuk menjalankan fungsi tungku. Model rangkaian tungku yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.11 sebagai berikut:



Gambar 3.11 Rancangan Tungku

Keterangan pada Gambar 3.11 adalah sebagai berikut :

- a. Sumber arus AC
- b. Kabel
- c. Transformator
- d. Tang jepit
- e. Elektroda
- f. Termokopel Tipe K

Pada proses pengaplikasian tungku ini menggunakan transformator sebagai sumber energi yang dihubungkan dengan elektroda dari bahan grafit. Ketika dua buah elektroda saling didekatkan akan memancarkan busur api listrik, loncatan bunga api yang sangat besar inilah yang dimanfaatkan untuk proses peleburan

dalam ruang tungku. Tungku ditutup sedemikian rupa untuk mencegah panas terbang dari sistem.

3.4 Proses Pembuatan Tungku Peleburan

Prosedur pengerjaan tungku dilakukan berdasarkan acuan studi literatur sudah dilakukan, dan mengumupulkan berbagai referensi pendukung, alur dari pembutan tungku dapat dilihat pada gambar 3.12 sebagai berikut :

- a. Pada tahap awal pengerjaan tungku ini dibuat seluruh rangka tungku dari besi dengan dimensi yang disesuaikan dengan rancangan yang telah dibuat. Contoh rangka tungku yang terbuat dari besi dapat dilihat pada gambar 3.12 sebagai berikut:



Gambar 3.12
Kerangka Tungku dari Besi

Pada gambar 3.12 dapat dilihat contoh dari kerangka tungku yang akan dibuat, dimana kerangka tungku yang terbuat dari besi ini berfungsi untuk memperkuat badan tungku agar tidak goyah dan juga sebagai pegangan untuk mengangkat dan memindahkan tungku. Rangka

tungku tungku dibuat seperti huruf M agar tidak menghambat alur alur pada tungku yang akan dibuat.

- b. Setelah pembuatan kerangka tungku selesai dikerjakan dan siap untuk digunakan tahap selanjutnya yaitu melakukan pemilihan material yang tahan terhadap temperatur tinggi. Material yang digunakan dalam pembuatan tungku busur listrik ini adalah *refactory castable* (beton refraktori) semen tahan api jenis *refactory* monolitik yang pemaikaiannya makin meluas dan fleksibel, yang dapat dilihat pada Gambar 3.13. Alasan penggunaan *refactory castable* karena proses pengerjaannya mudah dan dapat dibentuk sesuai keinginan.



Gambar 3.13
Refraktori Monolitik

- c. Setelah proses pembuatan kerangka tungku, maka akan dilakukan proses pengecoran semen tahan api secara sederhana, yaitu dengan mengaduk refraktori dengan air dan dituangkan kedalam cetakan. Untuk cetakan, menggunakan rangka tungku dari besi yang telah diberi isolasi seperti terlihat pada gambar 3.14 sebagai berikut :



Gambar 3.14
Alat dan Bahan Mencetak Tungku

- d. Proses pengecoran tungku dimulai dengan mengaduk semen tahan api dengan air, dimana campuran semen dan air nantinya akan dibuat kental agar mudah untuk dicetak. Jika terlalu banyak dituangkan air, semen tahan api tersebut akan sangat encer dan membutuhkan proses pengerjaan yang lebih lama.
- e. Setelah tungku dicetak, tungku tersebut diletakan di tempat terbuka selama ± 2 hari agar refraktori menjadi solid dan menyatu dengan cetakan. Apabila tungku sudah kering makasi isolasi kerangka tungku dapat dilepas.

3.5 Pengujian Tungku

Pengujian tungku peleburan dilakukan dengan menggunakan aluminium *scrap* sebagai bahan yang akan dilebur. Adapun langkah-langkah pengujian untuk fungsional dan performansi tungku busur listrik sebagai berikut :

- a. Siapkan serangkaian peralatan pengujian tungku busur listrik dan peralatan untuk keamanan seperti kaca mata dan sarung tangan anti panas.

- b. Masukkan *scrap* aluminium pada ruang tungku dan pasang penutup tungku, contoh *scrap* aluminium yang digunakan yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.15 sebagai berikut:



Gambar 3.15
Scrap aluminium

- c. Hubungkan kabel output trafo (+) dan (-) pada masing-masing elektroda dengan tang jepit.
- d. Sambungkan trafo dengan arus AC
- e. Hubungkan kedua elektroda melalui saluran elektroda pada tungku hingga terjadi pancaran busur listrik (*Arc*).
- f. Pertahankan nyala busur listrik dalam ruang tungku selama waktu (t) hingga dihasilkan logam cair aluminium.
- g. Perhatikan dan catat karakteristik yang terlihat pada proses pengujian tungku busur listrik.

3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar pengujian berjalan optimal sesuai waktu yang di tentukan, maka pengujian ini memerlukan jadwal penelitian. Seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1
Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan														
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Survey															
2	Studi Literatur															
3	Pembuatan Proposal															
4	Seminar Proposal															
5	Perhitungan															
6	Mendesign Tungku															
7	Pembuatan Tungku															
8	Pengujian Tungku															
9	Analisa data															
10	Kesimpulan															

BAB IV PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Dimensi Tungku

a. Menghitung Energi yang di butuhkan pada waktu peleburan

Pada saat perancangan tungku, membutuhkan energi untuk meleburkan logam aluminium sebanyak 80 gram. Adapun energi yang dibutuhkan pada saat peleburan adalah:

$$Q = m \cdot C_{pl} \cdot (\Delta T_1 - \Delta T_2) \cdot 4,17$$

Dimana :

M_{Al} = Massa Aluminium yang akan dileburkan (*kg*)

$$= 80 \text{ g} \rightarrow 0,08 \text{ kg}$$

C_{pl} = Kalor jenis Aluminium padat (*J/kg°C*)

$$= 900 \text{ J/kg°C}$$

ΔT_1 = Titik leleh aluminium (*°C*)

$$= 660 \text{ °C}$$

ΔT_2 = Suhu Aluminium Awal (*°C*)

$$= 30 \text{ °C}$$

Sehingga :

$$Q = m \cdot C_{pl} \cdot (\Delta T_1 - \Delta T_2) \cdot 4,17$$

$$Q = 0,08 \text{ kg} \cdot 900 \text{ J/kg°C} \cdot (660\text{°C} - 30\text{°C}) \cdot 4,17$$

$$Q = 189151,2 \text{ Joule}$$

b. Menghitung Daya yang di Butuhkan

Dalam peleburan logam aluminium ini, kita membutuhkan daya, untuk menghitung daya, dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Q = V.I.t$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Energi yang dibutuhkan pada saat peleburan} \\
 &= 189151,2 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \text{Waktu yang diperlukan pada saat melakukan peleburan} \\
 &= 200 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$Q = V.I.t$$

$$Q = P_s.t$$

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

$$P_s = \frac{189151,2 \text{ Joule}}{200 \text{ detik}}$$

$$P_s = 945,7 \text{ Watt}$$

c. Menghitung Volume Dalam Tungku

$$\text{Volume} = \frac{M_{Al}}{\rho}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 M_{Al} &= \text{Massa Aluminium yang akan dileburkan (kg)} \\
 &= 80 \text{ g} \rightarrow 0,08 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\rho = \text{Massa jenis aluminium}$$

$$= 2712 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{M_{Al}}{\rho} \\ &= \frac{0,08 \text{ Kg}}{2712 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 2,9498525 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \\ &= 29498,525 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

d. Menghitung Dimensi Tungku

Tungku yang dirancang berbentuk tabung. Setelah kita mendapatkan volume tungku, kini kita akan mencari kedalaman/dimensi tungku. Kedalaman tungku yang dirancang yaitu 70 mm. Maka diameter tungku peleburan adalah sebagai berikut.

Dimana :

$$\begin{aligned} V_{Tungku} &= \text{Volume pada tungku peleburan} \\ &= 29498,525 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

t = kedalaman /dimensi pada tungku

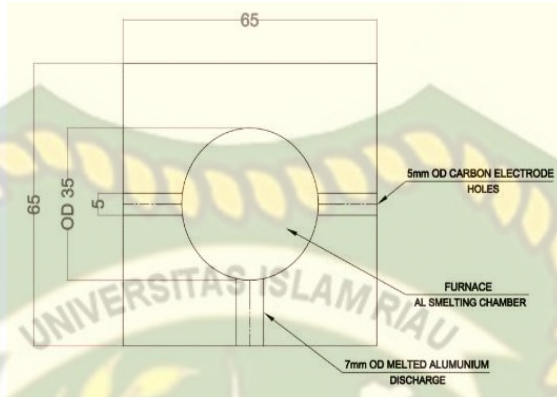
$$= 30 \text{ mm}$$

Sehingga ;

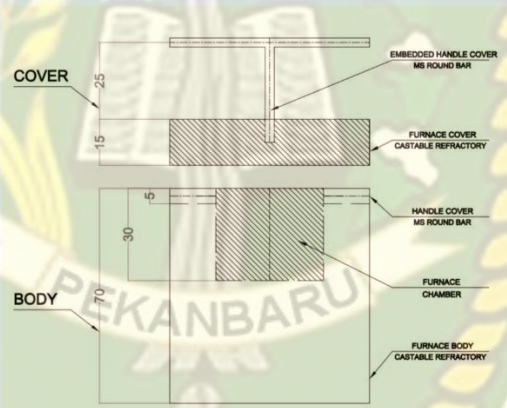
$$\begin{aligned} D_{\text{dalam Tungku}} &= \sqrt[2]{\frac{V \times 4}{\text{tinggi} \times \pi}} \\ &= \sqrt[2]{\frac{29498,525 \times 4}{30 \times \pi}} \\ &= 35,38 \text{ mm} \rightarrow 36 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2 Design Keseluruhan

a. Rancangan Tungku 2 Dimensi



Gambar 4.1 Rancangan Tungku Bentuk Atas

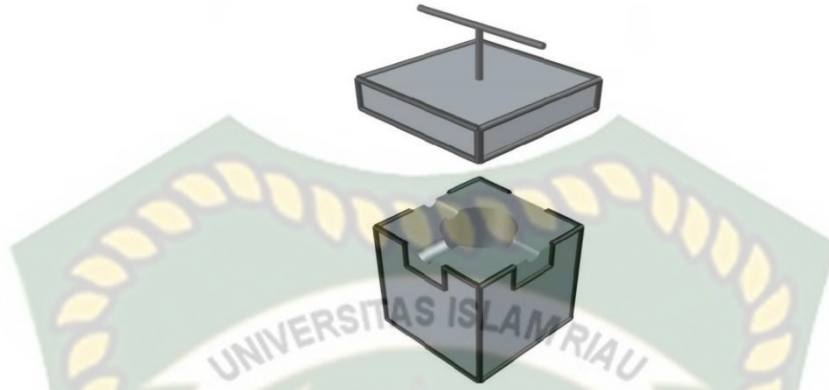


Gambar 4.2 Rancangan Tungku Bentuk Samping

Bentuk rancangan tungku model 2D ini terdapat 3 saluran. Pada saluran kiri berfungsi untuk meletakkan elektroda dan saluran yang ditengah untuk penuangan aluminium yang telah dileburkan. Beda dari rancangan sebelumnya terdapat pada ukuran dan kedalam pada tungku yang dibuat.

Di bagian sisi tungku memiliki ukuran 65 mm dengan tinggi 70 mm dan pada saluran elektrodanya 5 mm dengan kedalaman diameter tungku 30 mm serta diameter luar pada bagian lubang 35 mm.

b. Rancangan Tungku 3 Dimensi



Gambar 4.3 *Design* Tungku 3 Dimensi

4.3 Pengujian dan Pembahasan

a. Model Tungku yang telah Dibuat

Setelah didapatkan ukuran *design* tungku yang akan di buat maka selanjutnya dilakukan proses manufaktur atau pembuatan tungku, dan diisi menggunakan *refactory* tahan api. Tungku ini dibuat menjadi dua bagian, badan tungku dan penutup tungku. Badan tungku mempunyai inti. Dimana inti tungku digunakan untuk memuat dan memproses logam pada saat dicairkan. Inti tunggu yang dibuat berbentuk silinder. Penutup tungku bertujuan untuk menghambat proses panas pada saat logam dileburkan. Penutup tungku juga berfungsi sebagai menghambat radiasi panas dan cahaya ekstrim yang ditimbulkan oleh pancaran busur listrik. Model hasil akhir dari pembuatan tungku busur listrik dapat dilihat seperti gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4.4 Model tungku setelah dibuat

b. Pengujian Aluminium yang Telah Dileburkan

Pada tahap pengujian dilakukan peleburan aluminium bekas kedalam inti tungku, kemudian aluminium tersebut dileburkan selama 3-4 menit. Setelah itu aluminium dituang kedalam cetakan hingga dingin.

Pengujian performa tungku busur listrik dilakukan sebagai perhitungan suhu selama proses peleburan, waktu peleburan, arus yang mengalir melalui aluminium dan tegangan yang dihasilkan oleh tungku busur listrik (*electrical arc furnace*). Aluminium setelah peleburan dapat dilihat seperti gambar 4.5 sebagai berikut::



Gambar 4.5 Hasil Peleburan Aluminium

c. Waktu Peleburan

Tabel 4.1 Waktu Peleburan

Pengujian Aluminium	Waktu Peleburan
Spesimen I (80 gram)	180 detik
Spesimen II (80 gram)	210 detik
Spesimen III (80 gram)	240 detik
186,6 gram	210 detik

Pengujian aluminium sebesar 80 gram dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Dimana kita mendapat hasil rata-rata waktu peleburan 210 detik. Beda dari pengujian sebelumnya yaitu, pada pengujian sebelumnya cuma memvariasikan antara temperature dan waktu, sementara pada pengujian ini, menghitung dimensi pada tungku.

4.4 Cara Kinerja Alat

Berikut adalah cara kerja alat atau penjelasan dari alat yang dibuat :

1. Colokan kabel trafo ke stop kontak/sumber listrik



Gambar 4.6 Kabel Trafo Las

2. Tekan tombol on/off pada trafo agar menyala



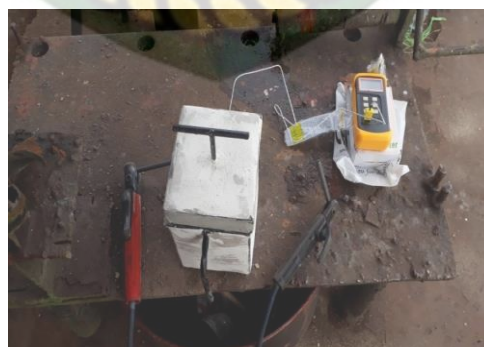
Gambar 4.7 Tombol On/Off Trafo

3. Jepitkan elektroda ke alat stang las/tang jepit



Gambar 4.8 Stang Las

4. Hubungkan kutub positif (+) dan kutub negatif (-) elektroda, apabila terjadi loncatan bunga api listrik maka trafo las dapat berfungsi.



Gambar 4.9 Electroda Karbon Kutub Positif (+) dan Kutub Negatif (-)

5. Tuangkan aluminium kelubang inti busur listrik yang telah dibuat.



Gambar 4.10 Inti Tungku Peleburan

6. Tutup bagian atas tungku pada saat peleburan terjadi.



Gambar 4.11 Tungku Pada Saat di Tutup

7. Masukkan elektroda tersebut kedalam lobang saluran, lalu hubungan elektroda tersebut ke kutub positif dan kutub negatif.
8. Tunggu hingga saat logam aluminium mencair.
9. Matikan kembali trafo tersebut melalui tombol on/off
10. Selesai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari tugas hasil yang di kerjakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Trafo yang digunakan pada saat pengujian yaitu trafo las DC 161i dengan daya 900 Watt hingga 1300 Watt dan arus yang dikeluarkan 30 hingga 60 ampere.
2. Tungku yang dibuat pada perancangan ini iyalah tungku mini sederhana dengan diameter dalam tungku 36 mm dan kedalaman 30 mm.
3. Tungku ini dapat meleburkan aluminium dalam selang waktu 3-4 menit untuk aluminium 80 g material.
4. Tungku yang dibuat menggunakan bahan *Castable Refractory (Castable-Tnc 17)*

5.2 Saran

- 1 Disaran kan pada proses pembuatan tungku, bahan yang digunakan yaitu bahan yang terbuat dari bahan tahan api agar pada saat peleburan tidak mudah terbakar atau tidak mudah meleleh.
- 2 Pada peleburan diutamakan untuk memakai perlengkapan lengkap. seperti sarung tangan, kaca mata, dan lain sebagainya.
- 3 Ada sedikit kesulitan pada saat peleburan tersebut, sehingga kita harus mengulang pengujian berberapa kali .

DAFTAR PUSTAKA

- Aidil Lidra ST, 2019 “ *Pembuatan dan Pengujian Tungku Busur listrik Skala Laboratorium* .“ Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Andalas Padang.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. In Jhon Wiley & Sons Inc.
- Groover, M. P. (2014). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. In Jhon Wiley & Sons Inc.
- Iqbal, Fahri, Alfred Gurning, 2014 “ *Daur ulang Skrap Aluminium sebagai solusi Alternatif untuk mengurangi ketergantungan Aluminium Impor di Indonesia.*” Makalah Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, Institute Teknologi Bandung, Bandung.
- Ismail Mukti Adi, Wahyu Purwo Raharjo, Eko Surojo, 2014 “ *Rancangan Bangun Tungku Peleburan Logam Aluminium berkapasitas 2 KG dengan Mekanisme tahanan Listrik (Pengujian Performansi).*” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Fakultas Program Sarjana Jurusan Teknik mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah.
- Purnomo Pranggono, 2007 “*Jurnal Riset Industri, Vol , No.1, Juli 2007*
- Pungky, 2017 “ *Perancangan Dapur Busur Listrik Skala Laboratorium dengan Daya Maksimal 6,6 KW dan Kapasitas Tungku Peleburan Maksimal 200 Gram.*” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- Rahmat, Muhammad Rais, 2015 “ *Perancangan dan pembuatan Tungku Heat Treatment.*” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Islam 45, Bekasi.

Surdia, Tata dan Shinroku Saito, 1992 “ *Teknik Pengecoran Logam.*”
Jakarta : Pradya Paramita.

Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa, 2006 “ *Pengetahuan Bahan Teknik.*”
Jakarta : Pradya Paramita.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau