

**RANCANG BANGUN TANUR CRUCIBLE PENGECORAN  
NON FERRO ALUMINIUM KAPASITAS 5 KG DI PABRIK  
PRODUK COR DIVISI KETEKNIKAN PT. TIMAH Tbk**

**TUGAS AKHIR**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana dari  
Universitas Fajar**

**Oleh**

**FIRMAN ACSUR / 1320521003**

**FACHRIZAL NURSAIDY MUHAMMAD / 1520521026**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS FAJAR**

**2019**

**RANCANG BANGUN TANUR *CRUCIBLE* PENGECORAN *NON FERRO*  
ALUMINIUM KAPASITAS 5 KG DI PABRIK PRODUK COR DIVISI  
KETEKNIKAN PT. TIMAH Tbk**

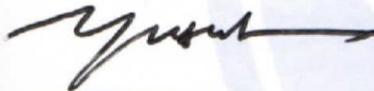
Oleh :

**FIRMAN ACSUR / 1320521003**

**FACHRIZAL NURSAIDY MUHAMMAD / 1520521026**

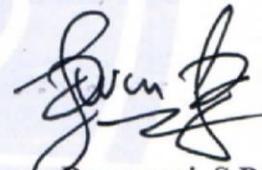
Menyetujui,  
Tim Pembimbing  
Tanggal 21 September 2019

Pembimbing I



**Muhammad Yusuf Ali, ST., MT**  
NIDN. 0901019101

Pembimbing II



**Irwan Paserangi, S.Pd., MT**  
NIDN. 0021118305

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Fajar



**Dr. Erniati, ST., MT**  
NIDN. 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Fajar



**Yanti, S.Pd., MT**  
NIDN. 0926048303

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

“Rancang Bangun Tanur Crucible Pengecoran Non Ferro Aluminium Kapasitas 5 Kg Di Pabrik Produk Cor Divisi Keteknikan PT. Timah Tbk.” Adalah karya orisinal saya yang setiap serta seluruh sumber acuan telah tulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 21 September 2019

Yang menyatakan



Firman Acsur / Fachrizal Nursaidy Muhammad

## **ABSTRAK**

**Rancang Bangun Tanur Crucible Pengecoran Non Ferro Aluminium Kapasitas 5 Kg Di Pabrik Produk Cor Divisi Keteknikan PT. Timah Tbk, Fachrizal Nursaidy Muhammad dan Firman Acsur.** Tujuan rancang bangun ini yaitu mengetahui proses pembuatan tungku krusibel dengan bahan bakar gas LPG. Pengujian tungku dilakukan dengan melebur aluminium. Aluminium hasil peleburan dituangkan melalui cetakan logam. Pembuatan dapur krusibel dimulai dengan membuat tungku yang terdiri dari campuran bata tahan api dan semen tahan api, kemudian menempatkan campuran semen tahan api dan bata tahan api pada media tabung dengan tinggi 19,5 cm dan diameter 27 cm. Dilanjutkan membuat sistem pengapian dengan menggunakan pipa berdiameter 5 cm yang disambung dengan media tabung menggunakan las listrik. Pipa besi tersebut berfungsi sebagai tempat masuknya api pembakaran. Kemudian membuat penutup agar panas dari proses pembakaran tetap terjaga. Proses pengujian tungku dilakukan dengan melebur aluminium dan didapatkan suhu tertinggi pada temperatur 840°C dengan lama peleburan 60 menit hingga seluruh aluminium seberat 5 kg mencair seluruhnya. Untuk mendapatkan aluminium coran hasil peleburan tungku krusibel yang bagus, perlu adanya pelapisan coating pada cetakan logam agar aluminium hasil coran tidak melengket pada cetakan.

**Kata Kunci :** tungku krusibel, aluminium, gas

## **ABSTRACT**

***Crucible Tank Building Design Of Non Ferro Aluminium 5 Kgs Capacity In Factory Cor Timah Tbk by Firman Acsur and Fachrizal Nursaidy Muhammad.***  
*The study aims at designing and constructing an LPG-fuelled crucible furnace. The furnace's material consists of the mix of refractory briks and refractory cement, while the furnace's firing system is made up 5 cms diameter pipe. The final furnace is then tested by smelting 5 Kgs aluminium at 840<sup>0</sup>C degree for 60 minutes. In order to produce the good aluminium casting from the furnace, it is necessary to coat the mold of aluminium.*

***Keywords: crucible furnace, aluminium, gas***

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur sebesar-besarnya penulis panjatkan ke-hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Salam dan salawat kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai tauladan penulis yang telah mengantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal dunia dan akhirat. Pengerjaan skripsi “**Rancang Bangun Tanur Crucible Pengecoran Non Ferro Aluminium Kapasitas 5 KG Di Pabrik Produk Cor Divisi Keteknikan PT. Timah Tbk**” dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Universitas Fajar.

Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta yang telah menjadi sumber semangat dan motivasi.
2. Rektor Universitas Fajar Makasar, Bapak Dr. Mulyadi Hamid, SE.,Msi.
3. Ibu Yanti. Spd., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar yang telah memberikan waktu, arahan, dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Yusuf Ali. ST., MT dan Bapak Irwan Paserangi. Spd., MT selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan, dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini.
5. Seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Fajar yang telah memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
6. Sahabat seperjuangan yang selalu menghibur, menemani saat perkuliahan maupun penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bang Fatah yang telah banyak memberikan masukan dan saran selama proses perancangan tanur crucible ini.

8. HMM FT UNIFA, yang telah menjadi tempat belajar dan mencoba banyak hal di kampus tercinta.
9. PT. TIMAH Tbk yang telah banyak berkontribusi pada pengerjaan skripsi ini.

Semoga apa yang terdapat dalam penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kami dan para pembaca utamanya untuk memperluas wawasan berpikir dan khazanah ilmu pengetahuan kita semua, Amin.

Makassar, 21 September 2019

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISILITAS .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Rumusan Masalah .....	3
1.3.Tujuan Perancangan .....	3
1.4.Batasan Masalah .....	3
1.5.Metode Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Pendahuluan.....	5
2.2 Klasifikasi Tungku.....	5
2.3 Batu – Bata Silika.....	13
2.4. Sifat-Sifat Logam Cair.....	15
2.5. Pembekuan Logam.....	15
2.6. Logam Bukan Besi.....	16

2.7. Aluminium dan Paduannya.....	18
2.8. Kelebihan dan kekurangan Tanur Crucible .....	21
<b>BAB III PERANCANGAN TANUR CRUCIBLE.....</b>	<b>22</b>
3.1. Waktu dan Tempat Pembuatan.....	22
3.2. Jadwal kegiatan.....	22
3.3. Prosedur Perancangan .....	23
3.4. Alat dan Bahan .....	25
3.4.1 Peralatan Pembuatan Tanur Crucible .....	25
3.4.1 Bahan Pembuatan Tanur Crucible .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1. Hasil Pembuatan Tungku .....	35
4.1.1. Bentuk dan Dimensi Tanur Crucible .....	35
4.1.2. Bentuk dan Dimensi Kowi (Ladel).....	37
4.1.3. Proses Pembuatan dan pengamatan Tungku Peleburan.....	38
4.2. Pembahasan Uji Coba Tanur Crucible .....	41
4.2.1. Grafik dan Pembahasan Pengujian Tungku .....	43
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Dapur kedudukan tetap .....	7
<b>Gambar 2.</b> Potongan melintang tanur induksi jenis saluran .....	8
<b>Gambar 3.</b> Tungku kupola .....	9
<b>Gambar 4.</b> Electric furnace direct system.....	9
<b>Gambar 5.</b> Tungku induksi listrik.....	10
<b>Gambar 6.</b> Tungku converter.....	11
<b>Gambar 7.</b> LD Top blown converter .....	13
<b>Gambar 8.</b> Mistar baja .....	25
<b>Gambar 9.</b> Vernier caliper .....	25
<b>Gambar 10.</b> Amplas.....	26
<b>Gambar 11.</b> Timbangan .....	26
<b>Gambar 12.</b> Ember .....	26
<b>Gambar 13.</b> Sendok semen .....	27
<b>Gambar 14.</b> Siku ukur .....	27
<b>Gambar 15.</b> Meteran .....	27
<b>Gambar 16.</b> Palu-Palu .....	28
<b>Gambar 17.</b> Sikat baja .....	28
<b>Gambar 18.</b> Gerinda tangan .....	28
<b>Gambar 19.</b> Mesin bor tangan .....	29

<b>Gambar 20.</b> Brander las .....	29
<b>Gambar 21.</b> Mesin las .....	29
<b>Gambar 22.</b> Pemantik api .....	30
<b>Gambar 23.</b> Alat proteksi diri .....	30
<b>Gambar 24.</b> Castable C – 18.....	30
<b>Gambar 25.</b> Bata tahan api .....	31
<b>Gambar 26.</b> Aluminium foil .....	31
<b>Gambar 27.</b> Water glass.....	31
<b>Gambar 28.</b> Zircon oxyde.....	32
<b>Gambar 29.</b> Alkohol .....	32
<b>Gambar 30.</b> Coating pola.....	32
<b>Gambar 31.</b> Besi tabung .....	33
<b>Gambar 32.</b> Kowi .....	33
<b>Gambar 33.</b> Plat besi.....	33
<b>Gambar 34.</b> Glass woll .....	34
<b>Gambar 35.</b> Tanur Crucible.....	35
<b>Gambar 36.</b> Bentuk dan dimensi tanur crucible ( tampak Atas ) .....	35
<b>Gambar 37.</b> Bentuk dan dimensi tanur crucible ( tampak samping ).....	36
<b>Gambar 38.</b> Bentuk dan dimensi Kowi (Ladel).....	37
<b>Gambar 39.</b> Dapur crucible .....	39
<b>Gambar 40.</b> Cetakan.....	39

<b>Gambar 41.</b> Grafik percobaan pertama .....	43
<b>Gambar 42.</b> Grafik percobaan kedua .....	44
<b>Gambar 43.</b> Grafik percobaan ketiga .....	46
<b>Gambar 44.</b> Tanur crucible.....	51
<b>Gambar 45.</b> Pemasangan angker pada badan tanur.....	51
<b>Gambar 46.</b> Pelapisan tungku.....	52
<b>Gambar 47.</b> Ladel .....	52
<b>Gambar 48.</b> Cetakan Logam.....	52
<b>Gambar 49.</b> Material aluminium .....	53
<b>Gambar 50.</b> Proses peleburan .....	53
<b>Gambar 51.</b> Proses penuangan.....	54
<b>Gambar 52.</b> Aluminium hasil coran.....	54

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Jadwal Penelitian .....	22
Tabel 2. Tabel Percobaan Pertama.....	41
Tabel 3. Tabel Percobaan Kedua .....	42
Tabel 4. Tabel Percobaan Ketiga .....	42

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pengecoran adalah salah satu proses pembentukan bahan yang melibatkan proses pembuatan pola, pembuatan cetakan, peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembongkaran cetakan, dan proses finishing. Sejarah pengecoran dimulai kira-kira tahun sebelum masehi saat orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan membuat cetakan. (Surdia dan Chijiiwa, 1975). Saat ini pengecoran masih banyak digunakan dan menjadi pilihan utama dalam proses pembentukan bahan, karena dapat untuk membuat bentuk-bentuk rumit dengan proses manufaktur yang memanfaatkan logam pada fasa cair akibat pemanasan hingga titik lebur dan dicetak pada cetakan untuk memperoleh bentuk akhir yang mendekati geometri yang diinginkan. Untuk melebur logam menjadi cair dibutuhkan tungku peleburan yang sesuai untuk melebur aluminium seperti tungku krusibel.

Dalam pengecoran logam hal yang paling penting adalah tungku (tanur) yang digunakan untuk melebur logam, tungku dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu tanur basalen, tanur tukik, tanur kupola, tanur induksi, tanur krusibel. Peleburan aluminium skala kecil dan sedang dilakukan menggunakan tungku krusibel. Tungku ini dibedakan menurut jenis bahan bakar yang digunakan yaitu, kokas atau arang, minyak dan gas. Tungku krusibel berbahan bakar gas lebih ramah lingkungan memerlukan biaya sedikit dalam proses peleburan dibandingkan dengan tungku krusibele berbahan bakar kokas atau arang dan minyak. Cetakan logam seringkali digunakan di dalam industri besar dan menengah. Proses pengecoran menggunakan cetakan logam yaitu dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan, tunggu sampai logam cair membeku. Setelah logam cair membeku bongkar cetak, dan jadilah hasil coran sesuai bentuk yang diinginkan.

Aluminium (Al) adalah logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Aluminium dapat dipakai secara luas, tidak hanya keperluan rumah tangga aluminium juga dipakai untuk bahan pesawat, kapal, mobil, konstruksi. Aluminium dan aluminium paduan dapat dilebur secara baik tanpa kontaminasi gas hidrogen, apabila kita melakukan proses peleburan dengan baik dan sesuai prosedur.

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted. Tahun 1825 secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi Aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non ferro. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai logam. Untuk meningkatkan sifat mekaniknya aluminium juga bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cu, Mg, Si, Mn, Ni, dan sebagainya, sehingga bisa memberikan sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus tinggi, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Oleh sebab itu material ini sangat banyak dalam penggunaannya, bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, industri otomotif, konstruksi bangunan dan lain-lain. (Sumber : Surdia dan Saito, 1985) Aluminium Murni Al didapat dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat, dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai kemurnian 99,99. Yaitu dicapai bahan dengan angka sembilannya empat.

Berdasarkan penjelasan diatas penelitian ini akan fokus pada perancangan dan pembuatan tungku krusible berbahan bakar gas LPG, dan pengaruh jarak penuangan aluminium cair ke cetakan terhadap sifat fisis produk pada pengecoran aluminium dengan cetakan besi. Dengan mempertimbangkan jarak penuangan diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk cor aluminium.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut ini

1. Bagaimana perancangan dan pembuatan tungku krusibel
2. Bagaimana proses perakitan sistem pengapian dengan bahan bakar gas pada
3. Bagaimana proses peleburan aluminium hingga penuangan kedalam cetakan

## **1.3 Tujuan Perancangan**

Tujuan perancangan diuraikan sebagai berikut :

1. Untuk merancang dan membuat tungku krusibel berbahan gas LPG
2. Untuk mengamati system pengapian dengan bahan bakar gas pada dapur crucible.
3. Untuk mengetahui bagaimana proses peleburan aluminium hingga penuangan kedalam cetakan

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Dinding tanur krusible menggunakan castable C-18
2. Peleburan menggunakan tungku krusibel berbahan bakar LPG
3. Material yang digunakan adalah aluminium rosok
4. Tinggi penuangan logam cair 15 cm
5. Cetakan yang digunakan yaitu cetakan logam
6. Pemanasan ruang bakar menggunakan burner jet

## **1.5 Metode Penulisan**

Dalam menyelesaikan perancangan dapur Crucible ini dipakai tiga dasar metode dasar penyelesaian yaitu:

1. Survey Lapangan

Disini dilakukan menggunakan peninjauan dapur pelebur pada Laboratorium Foundry PT. TIMAH Tbk untuk memperoleh data-data.

2. Studi Literatur

Berupa kajian literatur dari buku-buku dan tulisan-tulisan yang berhubungan dengan hal yang dibahas meliputi: perumusan, analisa hasil pengamatan dan pembahasan.

3. Diskusi

Berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing dengan mahasiswa mengenai rancangan yang dilakukan.

## **BAB II**

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pendahuluan**

Dalam proses pengecoran logam tahapan peleburan untuk mendapatkan logam cair pasti akan dilakukan dengan menggunakan suatu tungku pelebur di mana material bahan baku dan jenis tungku yang akan digunakan harus disesuaikan dengan material yang akan dilebur. Jenis tungku pelebur ada berbagai macam, antara lain diklasifikasikan dari jenis energinya atau kapasitasnya. Pemilihan tungku peleburan yang akan digunakan untuk mencairkan logam harus sesuai dengan bahan baku yang akan dilebur. Paduan Aluminium dan paduan ringan lainnya biasanya dilebur dengan menggunakan tungku peleburan jenis krusibel, sedangkan untuk besi cor menggunakan tungku induksi frekwensi rendah atau kupola. Tungku induksi frekuensi tinggi biasanya digunakan untuk melebur baja dan material tahan temperatur tinggi (heatresisting alloys). Sebelum dituangkan ke dalam cetakan, cairan logam diberikan perlakuan cairan yang bertujuan untuk memperbaiki sifat logam yang akan dihasilkan. Proses laku cair dapat dilaksanakan didalam tungku peleburan, ladle, tergantung pada jenis laku cair yang akan diberikan seperti: inokulasi, desulfurisasi, penambahan unsur paduan, dan Mg treatment (khusus untuk pembuatan besi cor nodular). Tungku yang paling banyak digunakan dalam pengecoran logam antara lain ada lima jenis yaitu; Tungku jenis kupola, tungku pengapian langsung, tungku krusibel, tungku busur listrik, dan tungku induksi. Dalam memproduksi besi cor tungku yang paling banyak digunakan industri pengecoran adalah krusibel dan tungku induksi, Berikut ini uraian tentang tungku peleburan. Pada unit ini memperkenalkan tungku dan refraktori dan menjelaskan berbagai aspek perancangan dan operasinya (Abrianto Akuan, 2009).

### **2.2 Klasifikasi Tungku**

Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengecoran (casting) atau untuk memanaskan bahan dalam proses perlakuan panas (heat Treatmet). Maka jenis bahan bakar yang dipilih menjadi

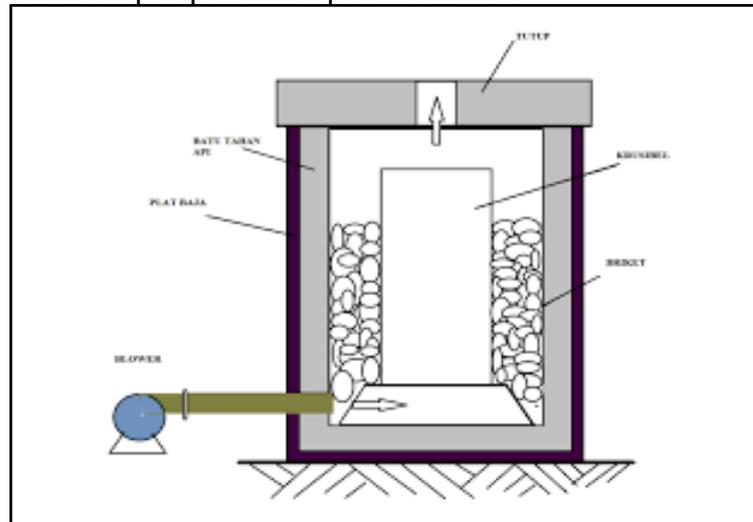
penting. Sebagai contoh, beberapa bahan tidak akan mentolelir sulfur dalam bahan bakar. Bahan bakar padat akan menghasilkan bahan partikulat yang akan mengganggu bahan baku yang ditempatkan didalam tungku. Untuk alasan ini, maka:

1. Hampir seluruh tungku menggunakan bahan bakar cair, bahan bakar gas atau listrik sebagai masukan energinya.
2. Tungku induksi dan busur/arc menggunakan listrik untuk mencairkan baja dan besi tuang.
3. Tungku pelelehan untuk bahan baku bukan besi menggunakan bahan bakar minyak.
4. Tungku yang dibakar dengan minyak bakar hampir seluruhnya menggunakan bahan bakar keoresin, terutama untuk pemanasan kembali dan perlakuan panas bahan.

Idealnya tungku harus memanaskan bahan sebanyak mungkin sampai mencapai suhu yang optimal. Kunci dari operasi tungku yang efisien terletak pada pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara berlebih yang minimum. Tungku beroperasi dengan efisiensi yang relatif rendah (dibawah 70 %) dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti boiler (dengan efisiensi lebih dari 90 %). Hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi didalam tungku (Abrianto Akuan, 2009).

Dapur Crucible adalah dapur yang paling tua yang digunakan dalam peleburan logam. Dapur ini mempunyai konstruksi paling sederhana. Dapur ini ada yang menggunakan kedudukan tetap dimana pengambilan logam cair dengan memakai gayung. Dapur ini sangat fleksibel dan serba guna untuk peleburan yang skala kecil dan sedang. Bahan bakar dapur Crucible ini adalah minyak karena akan mudah mengawasi operasinya. Ada pula dapur yang dapat dimiringkan sehingga pengambilan logam dengan menampung dibawahnya. Dapur ini biasanya dipakai untuk skala sedang dan skala besar. Dapur Crucible jenis ini ada yang dioperasikan dengan tenaga listrik sebagai alat pemanasnya yaitu dengan induksi listrik frekuensi rendah dan juga dapat dengan bahan bakar gas atau

minyak, sedangkan dapur Crucible yang memakai burner sebagai alat pemanas dengan kedudukan tetap dapat dilihat pada Gambar 1.

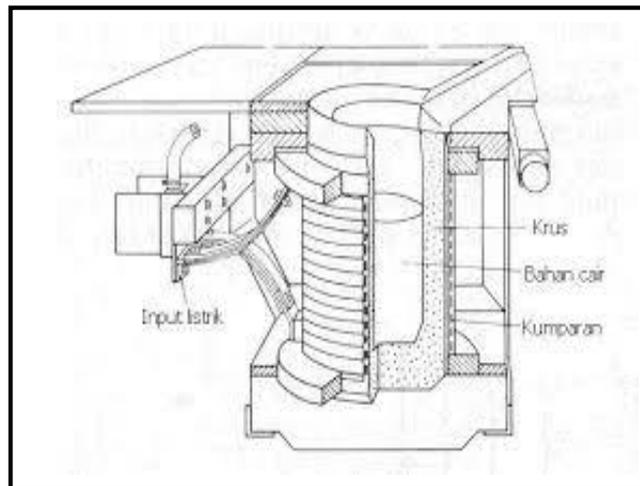


**Gambar 1.** Dapur kedudukan tetap

Tanur udara terbuka adalah tanur yang bentuknya seperti tungku yang agak rendah dan logam cair akan melebur. Pada bagian bawah tanur dipasang 4 buah ruang pemanas (regenerator). Tanur juga disangga oleh dua buah rol yang memungkinkan untuk dimiringkan pada saat pengeluaran terak atau logam cair. Burner diletakkan pada kedua sisi tanur dan dioperasikan secara periodik untuk mendapatkan panas yang merata. Bahan bakar yang digunakan adalah gas atau minyak. Udara pembakaran dan bahan bakar biasanya dipanaskan mula dengan melewati pada ruang pemanas dibawah tanur. Pemanasan ini bertujuan untuk mempercepat terjadinya pembakaran dan menjaga agar tidak terjadi perubahan suhu yang mencolok didalam tanur. Pintu pengisian terletak di sisi depannya. Tanur udara terbuka biasanya digunakan untuk peleburan baja (Abrianto Akuan, 2009). Tanur udara adalah bentuk yang dimodifikasi dari tanur udara terbuka. Bentuknya hampir sama dengan tanur udara terbuka, penampang tempat logam cair berbentuk lebar dan dangkal. Tanur dipanaskan dengan alat pemanas dengan bahan bakar minyak. Burner dan udara pembakaran ditempatkan pada salah satu ujung tanur dan udara sisa pembakaran akan keluar dari ujung yang lain. Komposisi kimia dapat dikontrol lebih baik pada dapur ini dibanding dengan dapur kupola. Bila ingin melakukan penambahan dilakukan dengan membuka tutup tanur dan menuangkannya dari atas (Abrianto Akuan, 2009). Tanur ini

biasanya digunakan untuk melebur besi cor putih dan besi cor mampu tempa, dan kadang juga digunakan untuk peleburan logam non besi. Biaya operasi tanur ini lebih tinggi dibandingkan dengan kupola. Sering juga tanur ini dikombinasikan dengan kupola dalam operasinya. Mula-mula peleburan dilakukan dengan kupola kemudian cairan dipindahkan ke tanur udara untuk diatur komposisinya.

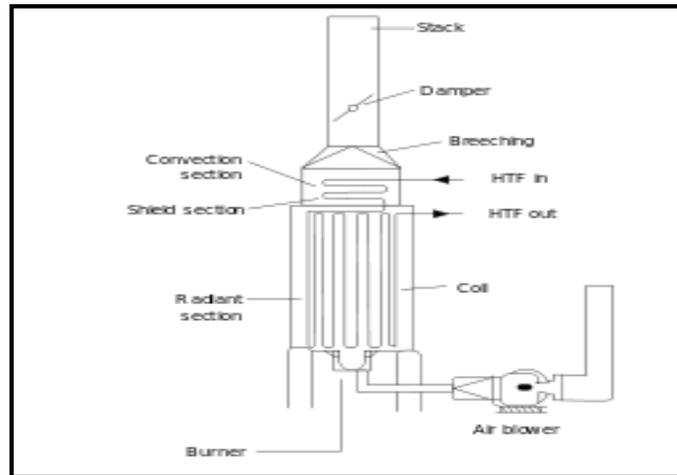
Tanur induksi listrik adalah tanur yang melebur logam dengan medan elektromagnet yang dihasilkan oleh induksi listrik, baik yang berfrekuensi rendah maupun yang berfrekuensi tinggi. Tanur induksi biasanya berbentuk Crucible yang dapat dimiringkan. Tanur ini dipakai untuk melebur baja paduan tinggi, baja perkakas, baja untuk cetakan, baja tahan karat, dan baja tahan panas yang tinggi. Tanur ini bekerja berdasarkan arus induksi yang timbul dalam muatan yang menimbulkan panas sehingga memanasi crucible dan mencairkan logam di dalam Crucible. Bentuk dari tanur induksi listrik dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



**Gambar 2.** Potongan melintang tanur induksi jenis saluran

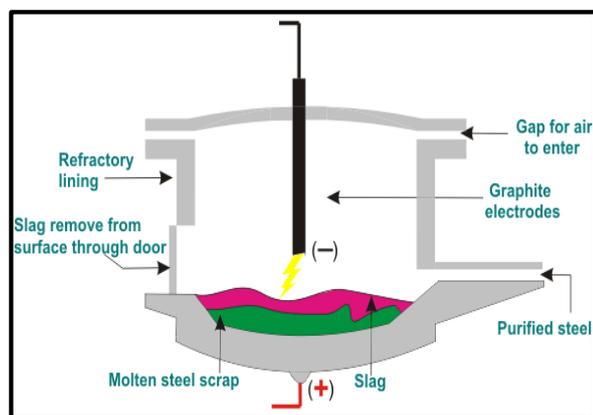
Tungku Kupola Kupola merupakan tungku yang memiliki bentuk silinder vertikal yang memiliki kapasitas besar. Tungku ini diisi dengan material pengisi antara lain besi, kokas, flux atau batu kapur, dan elemen paduan yang memungkinkan. Tungku ini memiliki sumber energi panas dari kokas dan minyak yang diberikan untuk meningkatkan temperatur pembakaran. Hasil peleburan dari tungku ini akan ditapping secara periodik untuk mengeluarkan besi cor yang telah

mencair (abrianto Akuan, 2009). Sumber : Mikell P Grover 2009 Gambar 2.3. Skematis dari tungku kupola.



**Gambar 3.** Tungku kupola

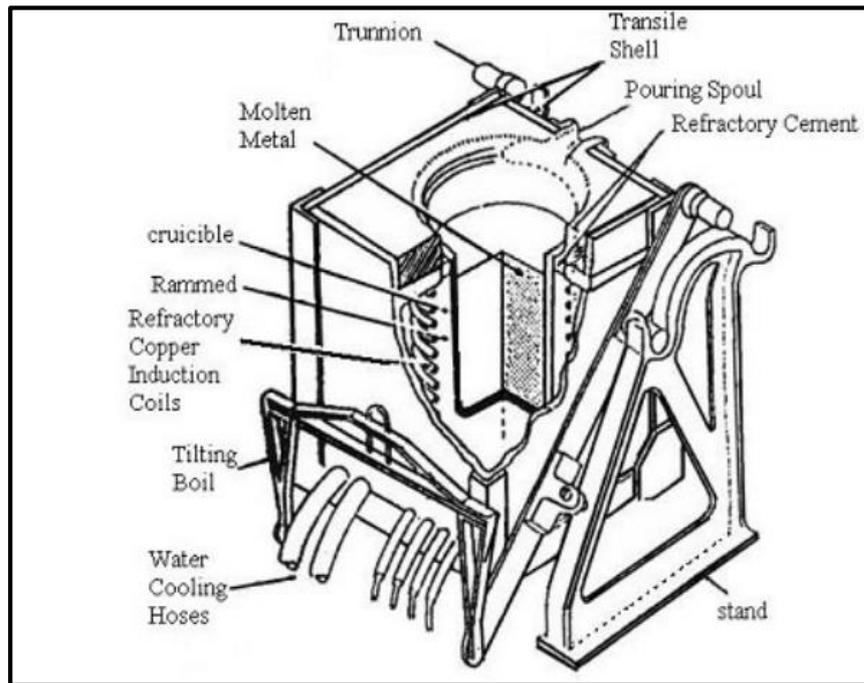
Tungku Busur Listrik Peleburan logam menggunakan tungku ini dilakukan dengan menggunakan energi yang berasal dari listrik berupa arc atau busur yang dapat mencairkan logam. Tungku jenis busur listrik ini biasanya digunakan untuk proses pengecoran baja. Sumber: Abrianto Akuan, 2009 Gambar 2.4 Electric furnace indirect system



**Gambar 4.** Electric furnace direct system.

Tungku Induksi adalah tungku yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energi panasnya, arus listrik bolak-balik (alternating current) yang melewati kumparan akan menghasilkan medan magnetik pada logam pengisi (charging material) didalamnya. Medan magnet ini juga akan melakukan mixing pada logam cair akibat adanya gaya magnet antara koil dan logam cair yang akan menimbulkan efek pengadukan (stirring effect) untuk menghomogenkan

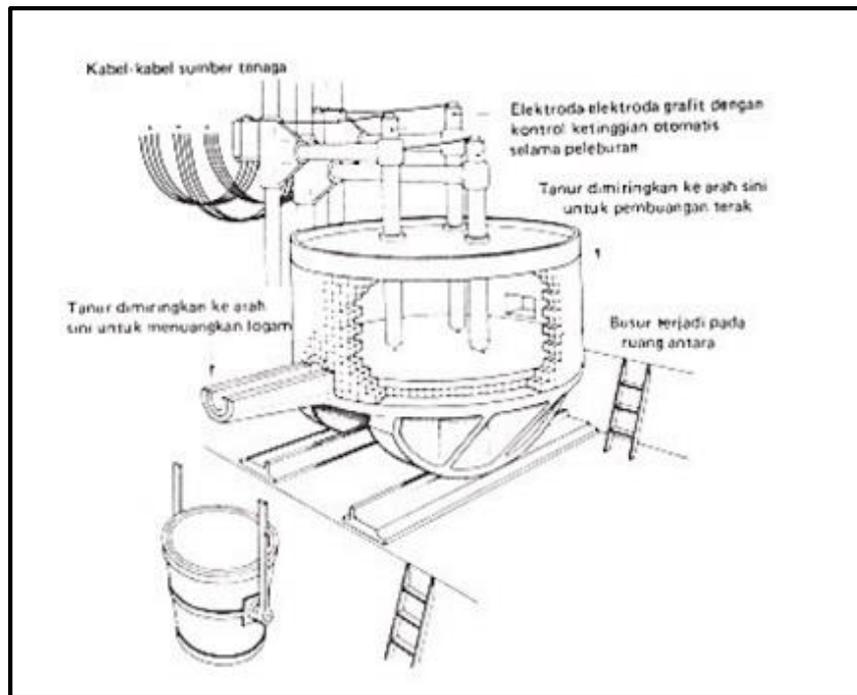
komposisi pada logam cair. (Abrianto Akuan, 2009). Logam cair didalam tungku harus dihindarkan dari kontak langsung terhadap koil. Oleh karena itu material tahan temperatur tinggi sebagai lining tungku harus memiliki ketebalan yang cukup untuk menahan beban logam cair didalamnya. Pada gambar dibawah ini ditunjukkan beberapa komponen utama dari suatu tungku induksi.



**Gambar 5.** Tungku induksi listrik

Setelah logam pengisi telah mengalami pencairan maka tungku induksi ini telah dilengkapi dengan suatu pengendali untuk melakukan penuangan (tapping) kedalam suatu ladle yang lebih kecil yang dibawa hook crane atau ladle yang dibawa oleh dua operator ke cetakan. (Abrianto Akuan, 2009).

Tungku Converter ialah sebuah tabung baja dengan dinding berlapis dan tahan terhadap temperatur tinggi serta ditempatkan pada sebuahudukan yang dibentuk sedemikian rupa agar posisinya dapat diubah secara vertikal maupun secara horizontal dengan posisi mulut berada disamping atau diatas bahkan dibawah. Posisi ini diperlukan untuk pengisian, penghembusan karbon dioksida dan penuangan hasil pemurnian



**Gambar 6.** *Tungku converter*

Bessemer Proses pemurnian ini dilakukan dengan terlebih dahulu mencairkan besi mentah ke dalam converter yang berada pada posisi horizontal kemudian converter diubah posisinya pada posisi vertikal dan pada posisi ini udara bertekanan dihembuskan melalui dasar converter ke dalam besi mentah cair, dengan demikian maka unsur karbon akan bersenyawa dengan oksigen menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan mengikat unsur-unsur lainnya. Dengan tekanan udara sedemikian itu unsur-unsur tersebut akan terbawa keluar dari converter, proses ini dilakukan dalam waktu 20 menit, dari proses ini besi mentah memiliki unsur-unsur paduan tidak lebih dari 0,05 % dan 0,006 % diantaranya adalah unsur karbon dan dianggap sebagai besi murni atau Ferro (Fe), selanjutnya ditambahkan unsur karbon ke dalam converter ini dengan jumlah tertentu, coverter ini berkapasitas antara 25 ton sampai 60 ton. Pada dasarnya berbagai metoda dalam proses pembuatan baja ini ialah proses pemurnian unsur besi dari berbagai unsur yang merugikan sebagaimana telah dikemukakan terdahulu, oleh karena itu dalam proses pembuatan baja dengan menggunakan sistem converter ini ialah salah satu proses pemurnian atau pemisahan besi dengan menggunakan bejana sebagai alat pemanasan (peleburan) besi kasar tersebut

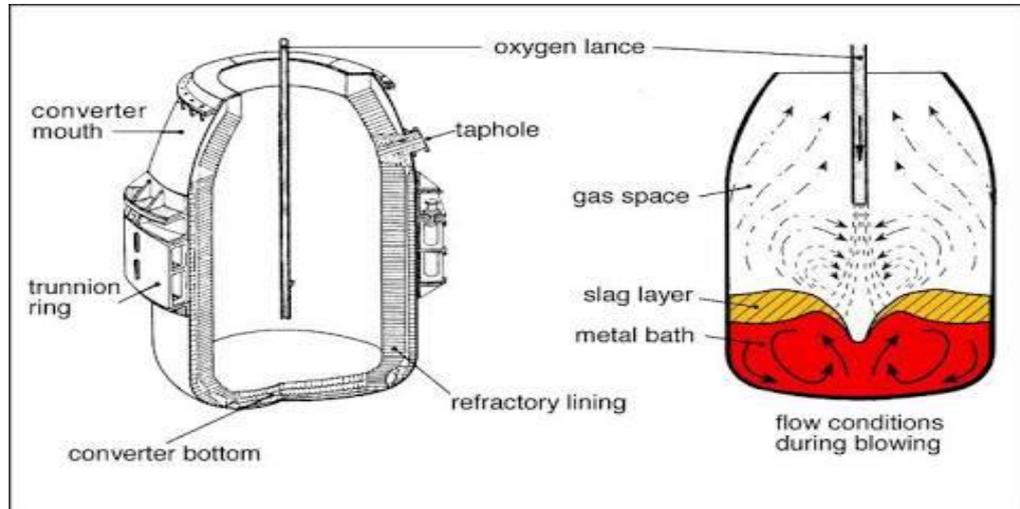
Amir Zaki Mubarak, Akhyar (2013) telah membuat perancangan dan pembuatan dapur peleburan logam dengan menggunakan bahan bakar gas(LPG) dan hasilnya adalah dapur peleburan logam yang dirancang dapat melebur 0,39kg aluminium dalam waktu 30,15 menit.

Sri Harmanto, dkk (2016) meneliti tentang pengaruh temperatur penuangan terhadap kekerasan dan porositas pada cetakan logam hasilnya adalah temperatur penuangan mempengaruhi tingginya kekerasan coran, dimana semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan kekerasan coran juga semakin tinggi.

Penelitian pengaruh perbedaan laju pembekuan terhadap sifat-sifat mekanis aluminium pada paduan Al-Si-Cu , menunjukkan bahwa semakin cepat laju pembekuan maka semakin meningkatkan kekerasan dari paduan Al-Si-Cu. Selain itu didapatkan pula bahwa semakin cepat laju pendinginan maka menghasilkan ukuran butir paduan Al-Si-Cu yang semakin lembut (Dobrzanski,dkk 2006).

Proses oxigen pada dapur basa untuk pemurnian besi kasar Tungku Thomas dan Bessemer Thomas dan Bessemer melakukan proses pemurnian besi kasar dalam pembuatan baja ini pada prinsipnya sama yakni menggunakan Converter, namun Bessemer menggunakan Converter dengan dinding yang dilapisi dengan Flourite dan Kwarsa sehingga dinding Converter menjadi sangat keras kuat dan tahan terhadap temperature tinggi, akan tetapi dinding converter ini menjadi bersifat asam sehingga tidak dapat mereduksi unsur Posphor, oleh karena itu dapur Bessemer hanya cocok digunakan dalam proses pemurnian besi kasar dari bijih besi yang rendah Posphor (Low Posphorus Iron Ores). Sedangkan Thomas menyempurnakannya dengan memberikan lapisan batu kapur (limestone) atau Dolomite sehingga dinding converter menjadi basa dan mampu mereduksi kelebihan unsur Posphor dengan mengeluarkannya bersama terak. LinzDonawitz (LDProcesses), salah satu proses pemurnian besi dengan sistem converter ini pertama dikembangkan di austria, proses dengan hembusan udara bertekanan hingga 12 bar di atas convertor dengan posisi vertical, setelah besi mentah (pig iron) bersama dengan sekrap dimasukan yang kemudian dibakar, udara yang dihembuskan menghasilkan pembakaran dengan unsur karbon, belerang dan

phosphor yang terkandung didalam besi mentah tersebut, hal ini terjadi pada saat converter dalam posisi miring



*Gambar 7. LD Top blown converter*

### 2.3 Batu Bata Silica

Batu bata silika merupakan suatu refraktori yang mengandung paling sedikit 93 %  $\text{SiO}_2$ . Bahan bakunya merupakan batu yang berkualitas. Batu bata silika berbagai kelas memiliki penggunaan yang luas dalam tungku peleburan baja dan industri kaca. Sebagai tambahan terhadap refraktori jenis multi dengan titik fusi yang tinggi, sifat penting lainnya adalah ketahanannya yang tinggi terhadap kejutan panas (spalling) dan kerefraktoriannya. Sifat batu bata silika yang terkemuka adalah bahwa bahan ini tidak melunak pada beban tinggi sampai titik fusi terdekati. Sifat ini sangat berlawanan dengan beberapa refraktori lainnya, contohnya bahan silikat alumina, yang mulai berfusi dan retak pada suhu jauh lebih rendah dari suhu fusinya. Keuntungan lainnya adalah tahanan flux, stabilitas volume dan tahanan spalling tinggi (Bambang Suharno, 2008). Seluruh panas yang dimasukkan ke tungku harus digunakan untuk memanaskan muatan atau stok. Namun demikian dalam prakteknya banyak panas yang hilang dalam beberapa cara. Kehilangan panas dalam tungku tersebut meliputi:

1. Kehilangan gas buang: merupakan bagian dari panas yang tinggal dalam gas pembakaran dibagian dalam tungku. Kehilangan ini juga dikenal dengan kehilangan limbah gas atau kehilangan cerobong.

2. Kehilangan dari kadar air dalam bahan bakar: bahan bakar yang biasanya mengandung kadar air dan panas digunakan untuk menguapkan kadar air dibagian dalam tungku.

3. Kehilangan dikarenakan hidrogen dalam bahan bakar yang mengakibatkan terjadinya pembentukan air

4. Kehilangan melalui pembukaan dalam tungku: kehilangan radiasi terjadi bilamana terdapat bukaan dalam penutup tungku dan kehilangan tersebut dapat menjadi cukup berarti terutama untuk tungku yang beroperasi pada suhu diatas 540 °C. Kehilangan yang kedua adalah melalui penyusupan udara sebab draft tungku/ cerobong menyebabkan tekanan negative dibagian dalam tungku, menarik udara melalui kebocoran atau retakan atau ketika pintu tungku terbuka.

5. Kehilangan dinding tungku/permukaan, juga disebut kehilangan dinding: sementara suhu dibagian dalam tungku cukup tinggi, panas dihantarkan melalui atap, lantai dan dinding dan dipancarkan ke udara ambien begitu mencapai kulit atau permukaan tungku.

6. Kehilangan lainnya: terdapat beberapa cara lain dimana panas hilang dari tungku, walaupun menentukan jumlah tersebut seringkali sulit. Beberapa diantaranya adalah:

**a.** Kehilangan panas tersimpan: bila tungku mulai dinyalakan maka struktur dan isolasi tungku juga dipanaskan, dan panas ini hanya akan meninggalkan struktur lagi jika tungku dimatikan. Oleh karena itu kehilangan panas jenis ini akan meningkat dengan jumlah waktu tungku dihidupmatikan.

**b.** Kehilangan selama penanganan bahan: peralatan yang digunakan untuk memindahkan stok melalui tungku, seperti belt conveyer, balok berjalan, bogies, dll. juga menyerap panas. Setiap kali peralatan meninggalkan tungku mereka akan kehilangan panasnya, oleh karena itu kehilangan panas meningkat dengan sejumlah peralatan dan frekuensi dimana mereka masuk dan keluar tungku.

- c. Kehilangan panas media pendingin: air dan udara digunakan untuk mendinginkan peralatan, rolls, bantalan dan rolls, dan panas hilang karena media tersebut menyerap panas.
- d. Kehilangan dari pembakaran yang tidak sempurna: panas hilang jika pembakaran berlangsung tidak sempurna sebab bahan bakar atau partikel yang tidak terbakar menyerap panas akan tetapi panas ini tidak disimpan untuk digunakan.
- e. Kehilangan dikarenakan terjadinya pembentukan kerak.

#### **2.4 Sifat-Sifat Logam Cair**

Perbedaan antara logam cair dan air logam cair adalah cairan seperti air, tetapi berbeda dengan air dalam beberapa hal. Pertama, kecairan logam sangat tergantung pada temperatur, dan logam cair akan mencair seluruhnya pada temperatur tinggi, sedangkan pada temperatur rendah akan membentuk inti-inti kristal. Kedua, berat jenis logam cair lebih besar daripada berat jenis air, oleh karena itu dalam segi alirannya juga akan sangat berbeda, aliran logam mempunyai kelembaban dan gaya tumbuk yang besar dibanding dengan air. Ketiga, air menyebabkan permukaan dinding wadah menjadi basah, sedangkan logam cair tidak (rahmat Saptono, 2008)

Kekentalan logam cair, aliran logam cair dipengaruhi oleh kekentalan logam cair dan kekasaran permukaan cetakan sedangkan kekentalan bergantung kepada temperatur, dimana pada temperatur tinggi kekentalan menjadi lebih rendah, dan pada temperatur rendah kekentalan menjadi lebih tinggi (Rahmat Saptono, 2008).

#### **2.5 Pembekuan Logam**

Bila cairan logam murni perlahan-lahan didinginkan, maka pembekuan terjadi pada temperatur yang konstan, temperatur ini disebut titik beku. Dalam pembekuan logam cair, pada permulaan timbullah inti-inti kristal kemudian Kristal-kristal tumbuh sekeliling inti tersebut, dan inti lain yang baru timbul pada saat yang sama. Akhirnya seluruhnya ditutupi oleh butir kristal sampai logam cair habis. Ini mengakibatkan seluruh logam menjadi susunan kelompok-kelompok

butir kristal dan batas-batasnya yang terjadi diantaranya disebut batas butir. (Rahmat Saptono, 2008)

Pembekuan paduan logam yang terdiri dari dua unsur atau lebih didinginkan dari keadaan cair, maka butir-butir kristalnya akan berbeda dengan butir-butir kristal logam murni. Apabila satu paduan yang terdiri dari komponen A dan komponen B membeku, maka sukar didapat susunan butir-butir kristal A dan kristal B tetapi umumnya didapat butir-butir kristal campuran dari A dan B. Secara terperinci ada dua hal, pertama bahwa A larut dalam B atau B larut dalam A dan kedua bahwa A dan B terikat satu sama lain dengan perbandingan tertentu. Hal pertama disebut larutan padat dan yang kedua disebut senyawa antar logam (Rahmat Saptono, 2008)

Pembekuan coran dimulai dari bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku. Bagian dalam dari coran lebih lambat mendingin daripada bagian luar, sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang seperti kolom, disebut struktur kolom. Struktur ini muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran besar, umpamanya pada pengecoran dengan cetakan logam. Sebaliknya pengecoran dengan cetakan pasir menyebabkan gradien temperatur yang kecil dan membentuk struktur kolom yang tidak jelas (Rahmat Saptono, 2008).

## **2.6 Logam Bukan Besi**

Indonesia merupakan negara penghasil bukan besi yaitu penghasil timah putih, tembaga, nikel, aluminium dan sebagainya. Dalam keadaan murni logam bukan besi ini memiliki sifat yang sangat baik namun untuk meningkatkan kekuatan umumnya dicampur dengan logam lain sehingga membentuk paduan. Ciri dari logam non besi adalah mempunyai daya tahan terhadap korosi yang tinggi, daya hantar listrik yang baik dan dapat berubah bentuk secara mudah. Pemilihan dari paduan logam non besi ini tergantung pada banyak hal antara lain

kekuatan, kemudahan dalam pemberian bentuk, berat jenis, harga bahan baku, upah pembuatan dan penampilannya. Logam bukan besi ini di bagi dalam dua golongan menurut berat jenisnya, yaitu logam berat dan logam ringan.

Logam berat adalah logam yang mempunyai berat jenis diatas 5 kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis dari masing-masing non besi ini secara umum dapat dinyatakan bahwa makin berat suatu logam bukan besi maka makin banyak daya tahan korosinya. Bahan logam bukan besi yang sering dipakai adalah paduan tembaga, paduan alumunium, paduan magnesium, dan paduan timah. Tembaga diperoleh dari bijih tembaga yang disebut Chalcoporit. Chalcoporit ini merupakan campuran Cu<sub>2</sub>S dan Cu<sub>2</sub>FeS<sub>2</sub> dan terdapa dalam tambangtambang dibawah permukaan tanah. Secara industri sebagian besar penggunaan tembaga dipakai untuk kawat atau bahan penukar panas karena sifat tembaga yang mempunyai sifat hantaran listrik dan panas yang baik. Tembaga ini jika dipadukan dengan logam lain akan menghasilkan paduan yang banyak dibutuhkan oleh manusia. Dan yang paling sering dipakai adalah campuran antara tembaga dan timah, mangan yang biasa disebut perunggu digunakan untuk bagian-bagian mesin khusus dimana diperlukan sifat-sifat yang luar biasa (Rahmat Saptono, 2008).. Paduan antara tembaga dengan unsur-unsur lain dapat membentuk paduan lain seperti:

#### 1. Bronze

Brons adalah paduan antara tembaga dengan timah dimana kandungan dari timah kurang dari 15% karena mempunyai titik cair yang kurang baik maka brons biasanya ditambah seng, fosfor, timbal dan sebagainya.

#### 2. Kuningan

Kuningan adalah paduan antara tembaga dan seng, dimana kandungan seng sampai kirakira 40%. Dalam ketahanan terhadap korosi dan aus kurang baik disbanding brons tetapi kuningan mampu cornya lebih baik dan harganya lebih murah.

#### 3. Bronze Alumunium

Brons alumunium ini adalah paduan dari tembaga dan alumunium dengan tambahan nikel dan mangan. Kandungan alumunium 815,5%, nikel kurang dari 6,5% mangan kurang dari 3,5% dan sisanya adalah tembaga. Untuk diagram fasa

dan paduannya dapat dilihat pada gambar kesetimbangan fasa tembaga dimana pada diagram ini dapat dilihat temperature terbentuknya fasa cairan, fasa  $\alpha$  dan fasa  $\beta$  pada logam tembaga serta mengetahui temperatur cair dari kadar komposisi tembaga dengan kadar 100% Cu atau tembaga murni adalah 1084 C (Rahmat Saptono, 2008) Seng dan Paduannya Seng adalah logam bukan besi kedua setelah tembaga yang diproduksi secara besar yang mana lebih dari 75% produk cetak tekan terdiri dari paduan seng. Logam ini mempunyai kekuatan yang rendah dengan titik cair yang juga rendah dan hampir tidak rusak di udara biasa. Dan dapat digunakan untuk pelapisan pada besi, bahan baterai kering dan untuk keperluan percetakan. Selain itu seng juga mudah dicetak dengan permukaan yang bersih dan rata, daya tahan korosi yang tinggi serta biaya yang murah. Dikenal seng komersial dengan 99,995 seng disebut special high grade. Untuk cetak tekan diperlukan logam murni karena unsur-unsur seperti timah, cadmium dan tin dapat menyebabkan kerusakan pada cetakan cacat sepuh. Paduan seng banya digunakan dalam industri otomotif, mesin cuci, pembakar minyak, lemari es, radio, gramafon, televisi, mesin kantor dan sebagainya (Rahmat Saptono, 2008) Magnesium dan Paduannya Paduan magnesium (mg) merupakan logam yang paling ringan dalam hal berat jenisnya.

#### 4. Magnesium

Magnesium mempunyai sifat yang cukup baik seperti alumunium, hanya saja tidak tahan terhadap korosi. Magnesium tidak dapat dipakai pada suhu diatas 150 C karena kekuatannya akan berkurang dengan naiknya suhu. Sedangkan pada suhu rendah kekuatan magnesium tetap tinggi. Magnesium dan paduannya lebih mahal daripada alumunium atau baja dan hanya digunakan untuk industry pesawat terbang, alat potret, teropong, suku cadang mesin dan untuk peralatan mesin yang berputar dengan cepat dimana diperlukan nilai inersia yang rendah. Logam magnesium ini mempunyai temperature 650 °C yang perubahan fasanya karena ketahanan korosi yang rendah ini maka magnesium memerlukan perlakuan kimia atau pengecekan khusus segera setelah benda decetak tekan. Paduan magnesium memiliki sifat tuang yang baik dan sifat mekanik yang baik dengan komposisi 9%

Al, 0,5% Zn, 0,13% Mn, 0,5% Si, 0,3% Cu, 0,03% Ni dan sisanya Mg. Kadar Cu dan Ni harus rendah untuk menekan korosi (Rahmat Saptono, 2008).

## **2.7 Alumunium dan Paduannya**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali di reduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. C.M. Hall seorang berkebangsaan Amerika dan Paul Heroult berkebangsaan Prancis, pada tahun 1886 mengolah alumunium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi Aluminium.

Selain itu Karl Josep Bayer seorang ahli kimia berkebangsaan Jerman mengembangkan proses yang dikenal dengan nama proses Bayer untuk mendapat alumunium murni. (Lawrence H. Van Vlack, 1989). Proses Bayer ini mendapat alumunium dengan memasukkan bauksit halus yang sudah dikeringkan kedalam pencampur lalu diolah dengan soda sapi (NaOH) dibawah pengaruh tekanan dan suhu diatas titik didih. NaOH akan bereaksi dengan bauksit menghasilkan aluminat natrium yang larut. Selanjutnya tekanan dikurangi dengan ampas yang terdiri dari oksida besi, silicon, titanium dan kotorankotoran lainnya disaring dan dikesampingkan. Lalu alumina natrium tersebut dipompa ketangi pengendapan dan dibubuhkan Kristal hidroksida alumina sehingga Kristal itu menjadi inti Kristal. Inti dipanaskan diatas suhu 980 C dan menghasilkan alumina dan dielektrosida sehingga terpisah menjadi oksigen dan aluminium murni. Pada setiap 1 kilogram alumunium memerlukan 2 kilogram alumina dan 4 kilogram bauksit, 0,6 kilogram karbon, criolit dan bahan-bahan lainnya. Penggunaan alumunium ini menduduki urutan kedua setelah besi dan baja dan tertinggi pada logam bukan besi untuk kehidupan industry (Lawrence H. Van Vlack, 1989) struktur sifat-sifat alumunium.

Dalam pengertian kimia aluminium merupakan logam yang reaktif. Apabila di udara terbuka ia 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 melekat kuat sekali pada logam dibawahnya, 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 oksidanya akan mudah larut. Lapisan oksidanya akan bereaksi secara aktif dan akhirnya akan mudah larut pada cairan alkali. Sebaliknya berbagai asam termasuk asam nitrat pekat tidak berpengaruh terhadap aluminium karena lapisan aluminium kedap terhadap asam (Rahmat Saptono, 2008)..

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik karena pada permukaannya terhadap suatu lapisan oksida yang melindungi logam dari korosi dan hantaran listriknya cukup baik sekitar 3,2 kali daya hantar listrik besi. Berat jenis aluminium 2,643 kg/m<sup>3</sup> cukup ringan dibandingkan logam lain. Kekuatan aluminium dapat dilipatkan melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas, dengan menambah unsur pengerjaan panas maka dapat diperoleh paduannya dengan kekuatan melebihi 700 MPa paduannya. Aluminium dapat ditempa, diekstruksi, dilengkungkan, diregangkan, diputar, dispons, diembos, dirol dan ditarik untuk menghasilkan kawat. Semua paduan aluminium ini dapat mampu bentuk (wrought alloys) dapat di mesin, di las dan di patri (Rahmat saptono, 2008)

Aluminium dapat diklasifikasikan kepada tiga bagian besar yaitu: aluminium komersial murni paduan aluminium mampu tempa, dan aluminium cor. Asosiasi aluminium membuat sistem 4 angka mengidentifikasi aluminium. Aluminium 99,5% murni AlCu merupakan unsur paduan utama AlMn merupakan unsur paduan utama AlSi merupakan unsur paduan utama AlMg merupakan unsur paduan utama AlMg dan Si merupakan unsur paduan utama AlZn merupakan unsur paduan utama Nomor Sumber: Rahmat Saptono, 2008.

Paduan-paduan alumunium yang utama lebih banyak dipakai sebagai paduan daripada logam murni sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekanisnya serta mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan yang tidak ditambahkan pada alumunium murni selain dapat menambah kekuatan mekaniknya juga dapat memberikan sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi dan ketahanan aus (Lawrence H. Van Vlack, 1989). Adapun paduan-paduan alumunium yang sering dipakai yaitu (Lawrence H. Van Vlack, 1989):

1. AlCu dan AlCuMg Mempunyai kandungan 4% Cu dan 0,5% Mg untuk menambah kekuatan paduan mampu mesin yang baik serta dipakai pada bahan pesawat terbang.
2. AlMn Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi.

## **2.8. Kelebihan dan Kekurangan Tanur Crucible**

Dapur crucible ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

1. Teknik operasi yang sederhana
2. Menggunakan bahan bakar yang cukup relative murah yaitu Gas LPG
3. Mudah dalam pengambilan terak
4. Mudah dibawa ke mana-mana

Di samping memiliki kelebihan, dapur ini juga memiliki kelemahan, yaitu:

1. Operasi peleburan membutuhkan waktu yang relatif lama
2. Adanya panas yang terbuang melalui plat dinding samping
3. Terdapat banyak dinding dapur yang kropos dan rapuh

### BAB III

#### PERANCANGAN TANUR CRUCIBLE

##### 3.1 Waktu dan Tempat Pembuatan Tanur Crucible

Pembuatan tanur crucible ini dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Pembuatan tanur crucible, di pabrik produk cor divisi keteknikan PT. Timah Tbk.
2. Pengamatan suhu material setiap 10 menit serta komsumsi gas yang digunakan.

##### 3.2. Jadwal Kegiatan

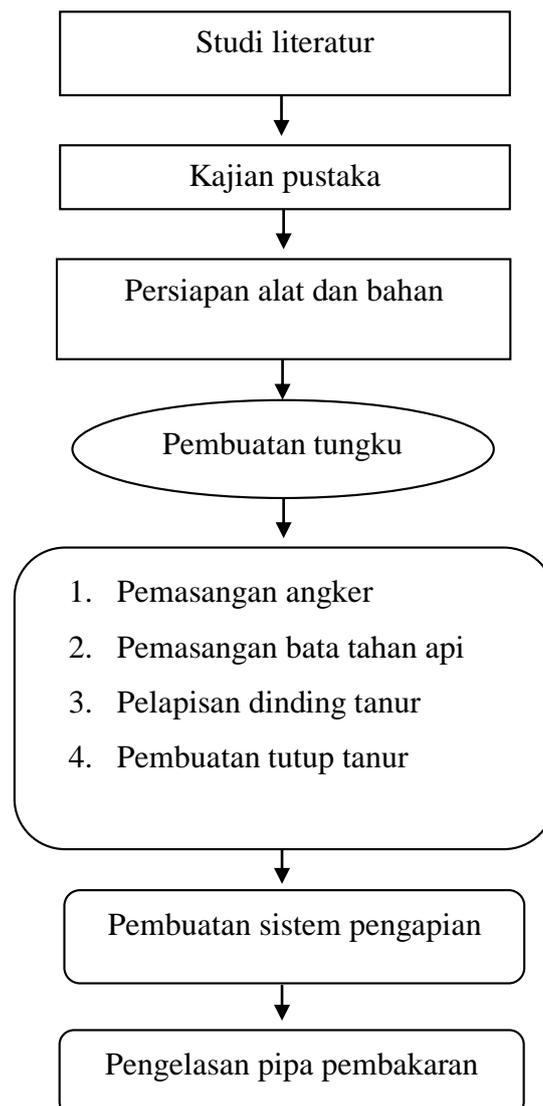
No	Kegiatan	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
1	Konsultasi Judul					
2	Pembuatan Tanur					
3	Pengambilan Data					
4	Pengolahan Data					

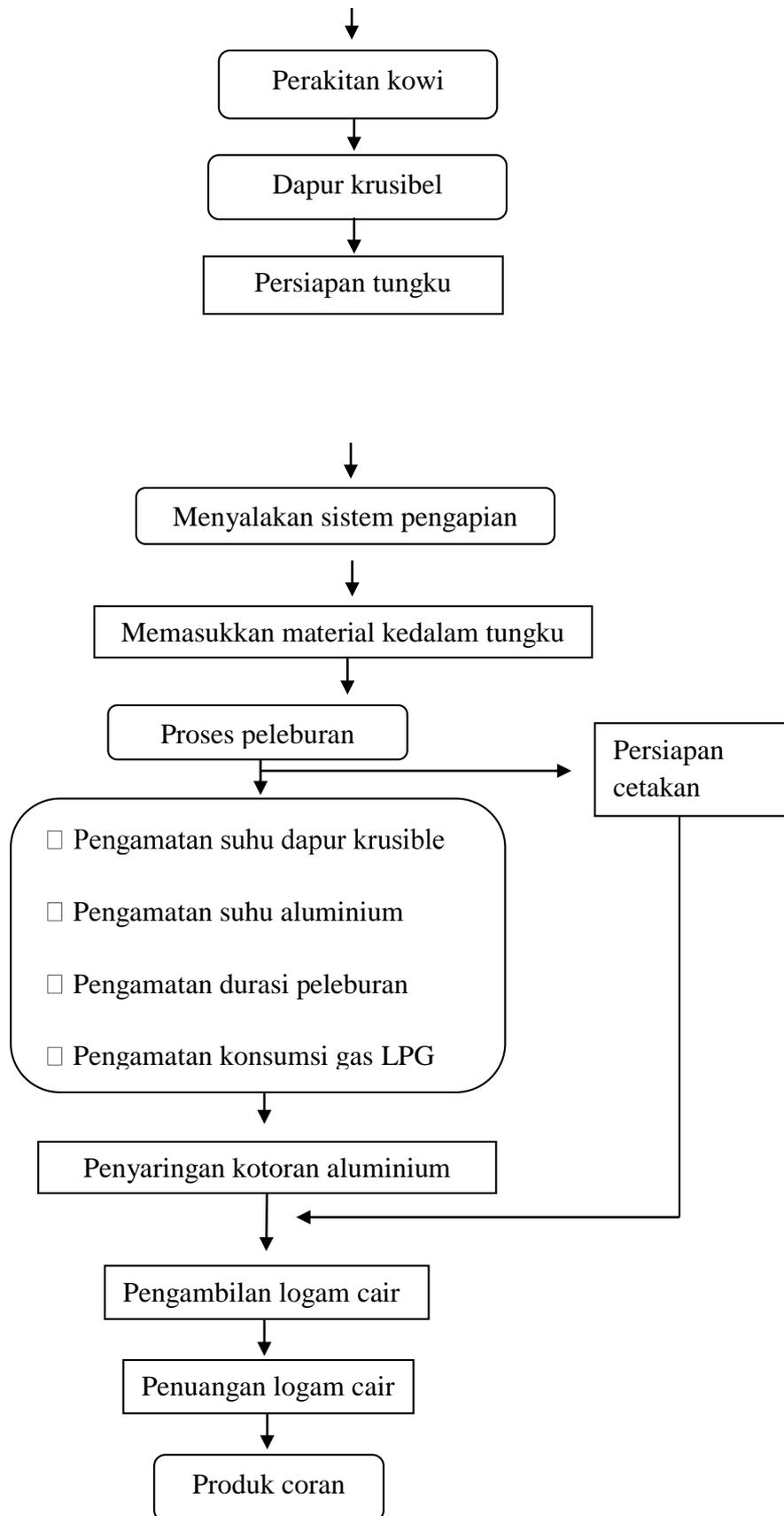
5	Seminar Hasil					
6	Perbaikan Laporan					
7	Ujian Meja					

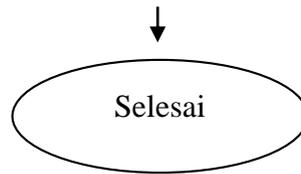
**Tabel 1.** Jadwal Penelitian

### 3.3. Prosedur Perancangan

#### Diagram Alir Rancang Bangun dan Pengamatan







### **3.4. Alat dan Bahan**

#### **3.4.1 Peralatan Pembuatan Tanur Crucible**

##### **1. Mistar Baja**

Mistar baja digunakan untuk mengukur dimensi tungku serta mengukur dimensi kowi (ladel).



***Gambar 8. Mistar baja***

##### **2. Vernier Caliper**

Sering juga disebut sigmat atau jangka sorong dipakai untuk mengukur diameter luar, diameter dalam, ketebalan dan kedalaman ladel.



*Gambar 9. Vernier caliper*

3. Amplas

Digunakan untuk meratakan dan menghaluskan. Amplas yang digunakan yaitu amplas 100, 240, dan amplas 500.



*Gambar 10. Amplas*

4. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur massa tungku serta massa semen reaming. Alat ini mempunyai satuan ukur yaitu satuan kilogram.



***Gambar 11. Timbangan***

5. Wadah

Wadah digunakan untuk mencampur semen reaming dengan liquid.

Wadah yang digunakan adalah ember.



***Gambar 12. Ember***

6. Sendok semen

Sendok semen digunakan untuk mencampur sekaligus mempermudah dalam mengaduk campuran semen dan air.



***Gambar 13. Sendok semen***

7. Siku Ukur

Siku digunakan untuk membuat suatu tanda pada objek yang memiliki sudut.



*Gambar 14. Siku ukur*

8. Meteran

Berfungsi untuk mengukur panjang suatu objek .



*Gambar 15. Meteran*

9. Palu – Palu

Palu berfungsi untuk menumbuk benda yang kurang rata atau sebagai penekan semen reaming agar rapat saat dilakukan penumbukan.



*Gambar 16. Palu – Palu*

10. Sikat Baja

Sikat Baja digunakan untuk membersihkan kotoran sisa pengelasan.



***Gambar 17. Sikat baja***

#### 11. Mesin Gerinda Tangan

Digunakan untuk menghaluskan permukaan bekas potong atau pengelasan serta karat.



***Gambar 18. Gerinda tangan***

#### 12. Mesin Bor Tangan

Digunakan untuk melubangi ladle atau kowi serta komponen tungku crucible yang lain.



***Gambar 19. Mesin bor tangan***

#### 13. Brander Las

Digunakan untuk memotong material tak terpakai serta memudahkan untuk membengkokkan material sesuai dengan yang diinginkan.



**Gambar 20.** *Brander las*

#### 14. Mesin Las dan Kawat Las

Mesin Las digunakan untuk menyambungkan 2 material atau lebih menggunakan kawat las.



**Gambar 21.** *Mesin las*

#### 15. Pemantik Api

Berfungsi sebagai pemantik awal burner.



**Gambar 22.** *Pemantik api*

#### 16. Alat Proteksi Diri

Berfungsi melindungi diri saat melakukan aktifitas terdiri dari helm, kaca mata, sepatu safety, ear plug, pakaian kerja, kaos tangan, masker.

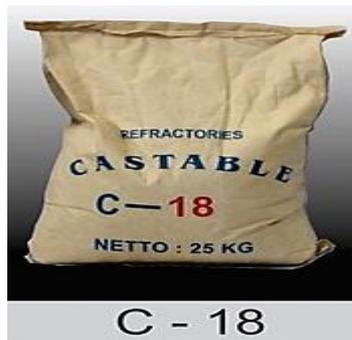


**Gambar 23.** Alat proteksi diri

### 3.4.2 Bahan Pembuatan Tanur Crucible

1. Semen Reaming Castable C - 18

Sebagai pelapis dinding dan berfungsi sebagai bahan tahan api.



**Gambar 24.** Castable C – 18

2. Bata Tahan Api

Berfungsi sebagai bahan pelapis tahan panas.



**Gambar 25.** Bata tahan api

3. Aluminium Foil

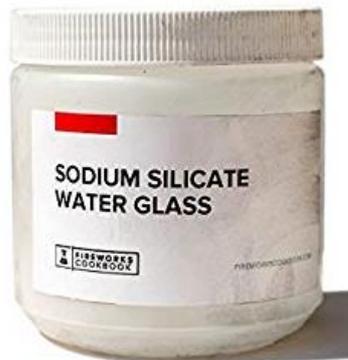
Berfungsi sebagai pelapis dasar untuk mencegah panas keluar dari dapur pembakaran.



*Gambar 26. Aluminium foil*

4. Water Glass

Sebagai liquid atau bahan campur semen reaming.



*Gambar 27. Water glass*

5. Coating Cetakan ( Zircon Oxyde )

Berfungsi untuk melapisi cetakan sebelum penuangan.



*Gambar 28. Zircon oxyde*

6. Alkohol

Sebagai bahan campuran untuk pelarut coating.



*Gambar 29. Alkohol*

#### 7. Coating Pola

Berfungsi untuk melapisi pola sebelum dilakukan proses penuangan.



*Gambar 30. Coating pola*

#### 8. Besi Tabung

Berfungsi sebagai tungku utama.



*Gambar 31. Besi tabung*

#### 9. Ladel atau Kowi

Sebagai tempat untuk menampung material saat peleburan.



*Gambar 32. Kowi*

10. Plat Besi

Berfungsi sebagai lantai dan penutup tungku.



*Gambar 33. Plat besi*

11. Glass Woll

Berfungsi sebagai pelapis tanur serta cetakan ketika proses peleburan.



*Gambar 34. Glass woll*

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

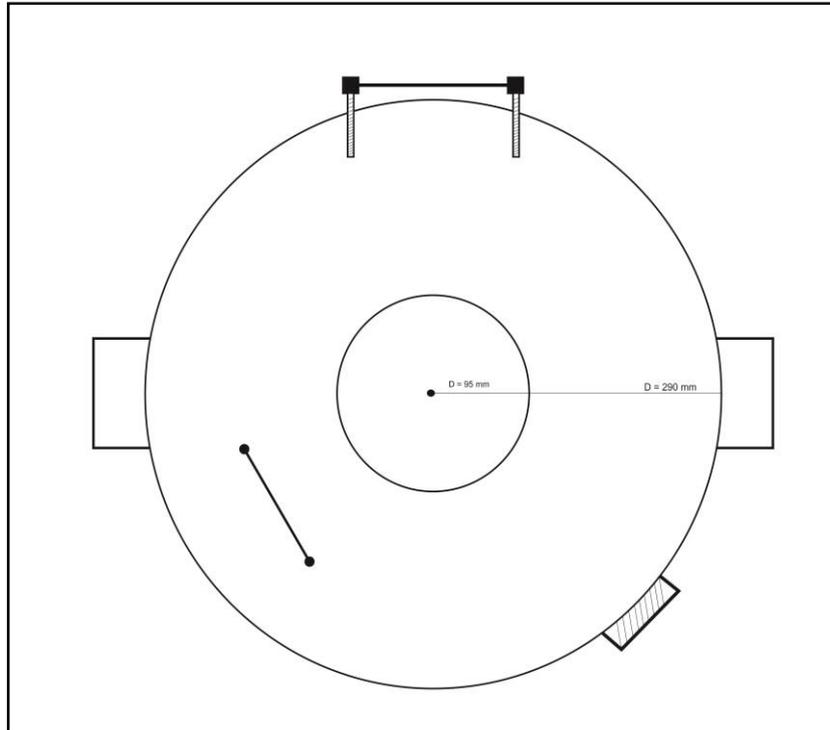
**4.1. Hasil Pembuatan Tungku**



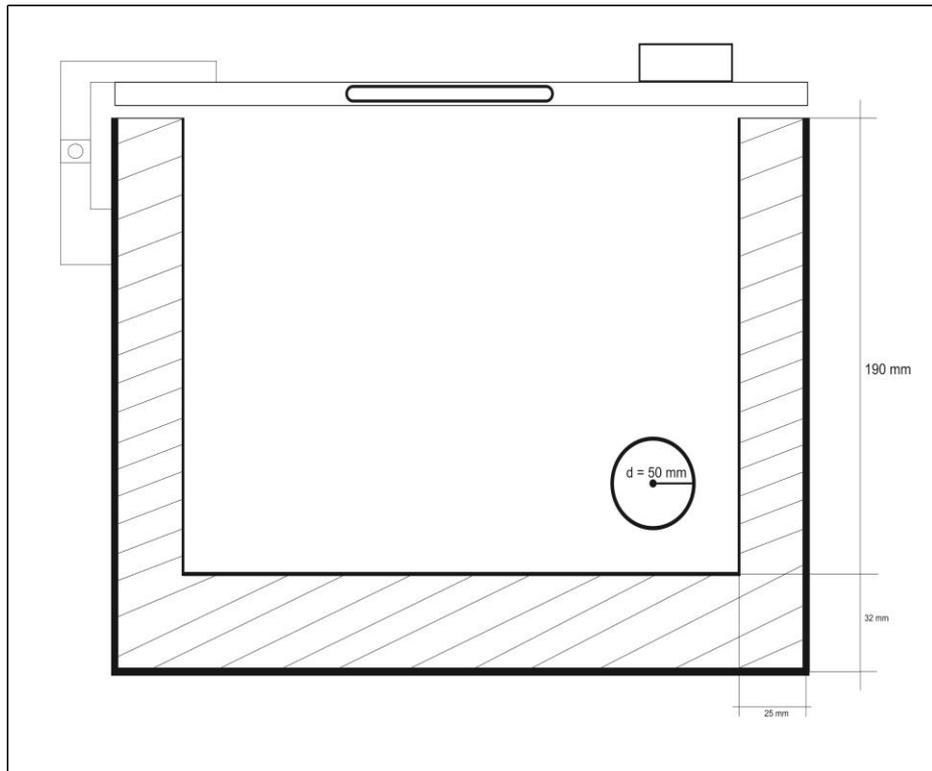
### Gambar 35. Tanur Crucible

#### 4.1.1 Bentuk dan Dimensi Tanur Crucible

Bentuk dan dimensi tanur crucible ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 36.** Bentuk dan dimensi tanur crucible ( tampak atas )



**Gambar 37.** Bentuk dan dimensi tanur crucible ( tampak samping )

1. Dimensi Tanur Crucible :

- a. Diameter : 27 cm
- b. Tinggi : 19.5 cm

Volume tanur (V)

Dik : d : 27 cm

t : 19,5 cm

dit : r = .... ?

v = .... ?

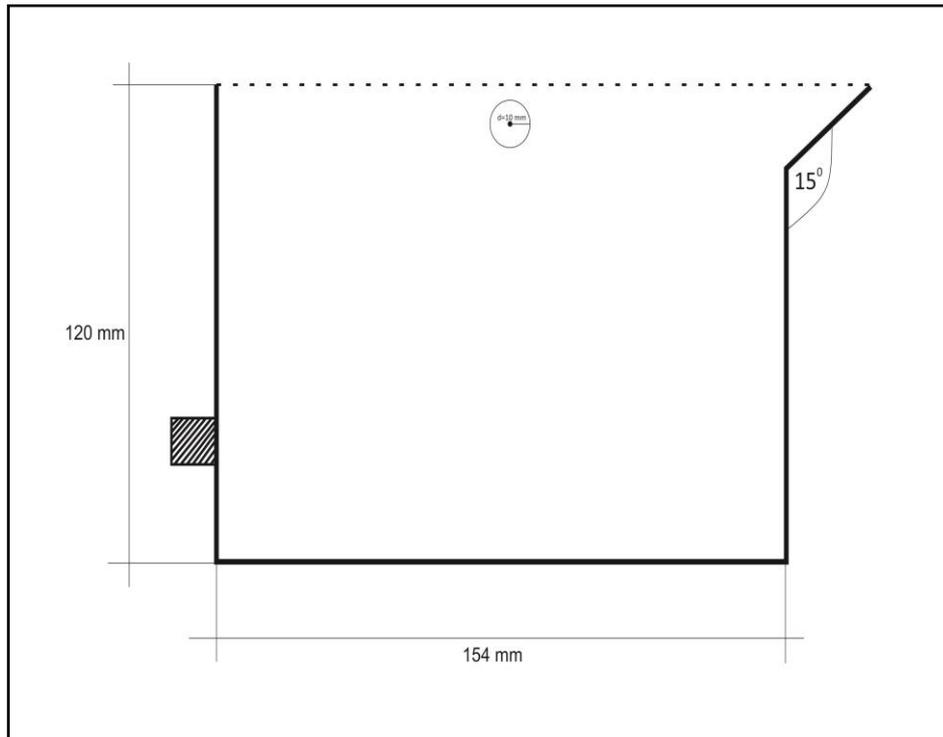
$$\begin{aligned} \text{a. } r &= \frac{1}{2} \cdot d \\ &= \frac{1}{2} \times 27 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$r = 13,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } v &= \pi r^2 \cdot t \\ &= 3,14 \times (13,5 \text{ cm})^2 \times 19,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,14 \times 182,25 \text{ cm}^2 \times 19,5 \text{ cm} \\
 &= 3,14 \times 3,553,875 \text{ cm}^3 \\
 &= 11,16 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Bentuk dan Dimensi Kowi (Ladel)



**Gambar 38.** Bentuk dan dimensi Kowi (Ladel)

1. Dimensi Kowi (Ladel) :

- a. Diameter Dalam = 15 cm
- b. Tinggi Kowi = 12 cm

Volume kowi (V)

Dik : d : 15 cm

t : 12 cm

dit : r = ....?

v = ....?

- a.  $r = \frac{1}{2} \cdot d$

$$= \frac{1}{2} \cdot 15$$

$$r = 7,5 \text{ cm}$$

$$\text{b. } v = \pi r^2 \cdot t$$

$$= 3,14 \times (7,5 \text{ cm})^2 \times 12 \text{ cm}$$

$$= 3,14 \times 56,25 \times 12 \text{ cm}$$

$$= 3,14 \times 675 \text{ cm}^3$$

$$= 2.119,5 \text{ cm}^3$$

### **4.1.3 Proses Pembuatan dan Pengamatan Tungku Peleburan**

#### 4.1.3.1 Pembuatan tungku krusibel.

- 1) Mempersiapkan bata tahan api, semen perekat serta air.
- 2) Campurkan semen dan air, aduk hingga tercampur rata.
- 3) Menumpuk bata tahan api di dasar tungku.
- 4) Melapisi dinding dengan adukan yang sudah dibuat.
- 5) Membakar kayu didalam tungku bertujuan untuk mengeringkan dinding tungku.

#### 4.1.3.2 Pembuatan lubang pipa pembakaran

- 1) Menyiapkan pipa besi berdiameter 50mm .
- 2) Memotong pipa 50mm dengan panjang 10mm.
- 3) Menghaluskan bagian yang dipotong menggunakan gerinda.
- 4) Menyambung pipa tersebut menggunakan las pada tungku krusible.

Setelah semua komponen selesai tahap selanjutnya adalah merakit komponen – komponen tersebut menjadi sebuah dapur krusibel berbahan bakar gas.



**Gambar 39.** Dapur crucible

#### 4.1.3.3 Pembuatan cetakan logam



**Gambar 40.** Cetakan

#### 1. Dimensi Cetakan :

Panjang = 20.5 cm

Lebar = 5 cm

Tinggi = 10.5 cm

$$\text{Volume Cetakan (V}_c\text{)} = P \times L \times T$$

$$= 20.5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 10.5 \text{ cm}$$

$$= 1.076 \text{ cm}^3$$

#### 4.1.3.4 Pembuatan coran

a) Menyiapkan dapur krusibel, aluminium, ladle, saringan, cetakan logam, stopwach.

b) Menyalakan sistem pengapian dapur krusibel.

c) Memasukkan aluminium kedalam tungku.

d) Mencatat suhu aluminium setiap 10 menit.

e) Menyaring kotoran aluminium .

f) Mengambil aluminium cair dengan ladle.

g) Mengukur suhu aluminium sebelum dituang.

h) Menuang aluminium cair pada cetakan

i) Membongkar coran dari cetakan.

j) Membersihkan hasil coran.

#### 4.1.3.5 Pengamatan tungku

Pengamatan tungku dilakukan saat peleburan yaitu ketika aluminium dimasukkan kedalam tungku dan mencatat suhunya setiap 10 menit hingga

aluminium mencair. Pengamatan selanjutnya yaitu setelah peleburan yaitu mengamati kondisi dinding dalam tungku.

#### 4.2 Pembahasan Uji Coba Tanur Crucible

Proses awal dilakukan terlebih dahulu mengukur suhu ruang dalam tungku sebelum dilakukan pengujian, peleburan dilakukan dengan cara membuka gas hingga mengalir kedalam pipa pembakaran dan menyalakannya dengan api, kemudian ditambah tekanan, aluminium dimasukkan dan diukur suhu kowinya. Hasil perubahan suhu yang terjadi pada kowi dilihat dari pengujian melalui alat uji infrared thermometer yang dilakukan setiap 10 menit sekali saat melakukan peleburan hingga aluminium mencair dan siap untuk dituangkan, data tersebut dicatat dan dilihat perubahan suhu yang terjadi, dilihat pada tabel dibawah ini. Dalam pelaksanaannya dilakukan 3 kali percobaan.

- Percobaan pertama ditunjukkan dalam table kedua.

No	Waktu/Menit	Suhu Kowi (Ladel)
1	0	35° C
2	10	317° C
3	20	551° C
4	30	624° C
5	40	668° C
6	50	780° C
7	60	840° C

**Tabel 2.** Tabel percobaan pertama

Pada percobaan pertama temperature aluminium cair sebelum penuangan membuktikan bahwa semakin lama proses peleburan yang terjadi akan semakin panas yang dihasilkan sehingga merubah bentuk aluminium semakin cepat dari padat menjadi cair, membutuhkan waktu 60 menit untuk mencapai titik didih aluminium dan siap untuk dilakukan pencetakan, suhu tertinggi yang diperoleh saat pengujian yaitu 840°C pada menit ke – 60.

- Percobaan kedua ditunjukkan dalam table ketiga.

No	Waktu/Menit	Suhu Kowi (Ladel)
1	0	33° C
2	10	239° C
3	20	467° C
4	30	622° C
5	40	650° C
6	50	744° C
7	60	796° C

**Tabel 3.** Tabel percobaan kedua

Pada percobaan kedua temperature aluminium cair sebelum penuangan ditunjukkan pada angka 796° C. Membutuhkan waktu 60 menit untuk mencapai titik didih aluminium dan siap untuk dilakukan pencetakan, suhu tertinggi yang diperoleh saat pengujian yaitu 796° C pada menit ke – 60. Temperatur logam cair pada percobaan kedua ini mengalami penurunan diakibatkan kurangnya tekanan gas LPG yang disemprotkan melalui lubang pembakaran.

- Percobaan ketiga ditunjukkan dalam tabel keempat.

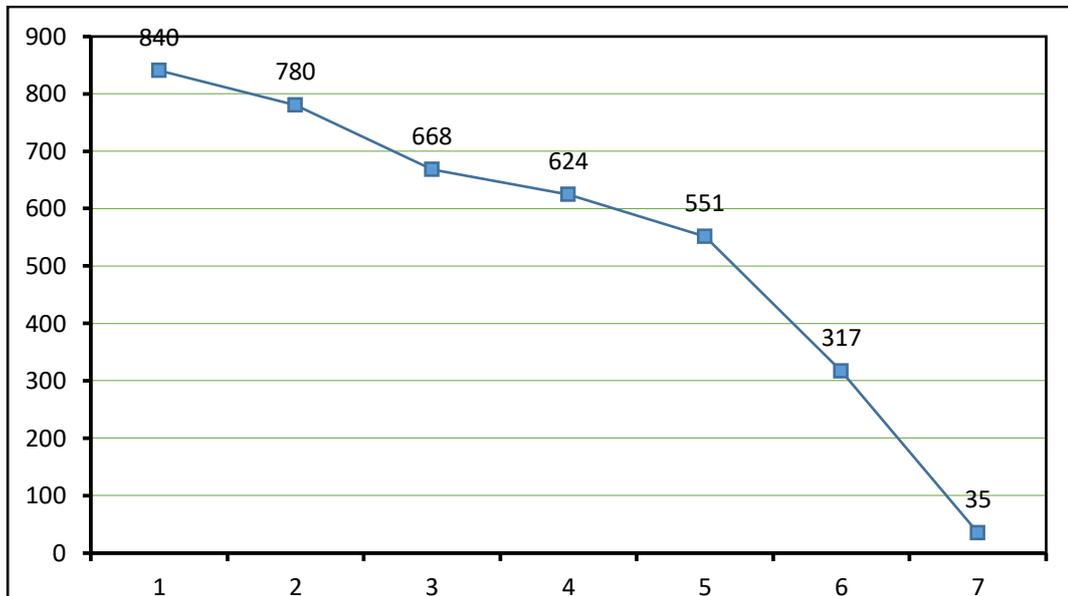
No	Waktu/Menit	Suhu Kowi (Ladel)
1	0	32° C
2	10	296° C
3	20	430° C
4	30	557° C
5	40	626° C
6	50	684° C
7	60	757° C

**Tabel 4.** Tabel percobaan ketiga

Pada percobaan ketiga temperature aluminium cair sebelum penuangan ditunjukkan pada angka 757° C. Lama peleburan sampai material coran siap untuk cetak adalah selama 60 menit. Temperatur logam cair pada percobaan ketiga mengalami penurunan yang signifikan diakibatkan kurangnya tekanan gas LPG yang disemprotkan melalui lubang pembakaran.

#### 4.2.1 Grafik dan Pembahasan Pengujian Tungku

- Grafik percobaan pertama ditunjukkan dalam gambah berikut :



**Gambar 41.** Grafik percobaan pertama

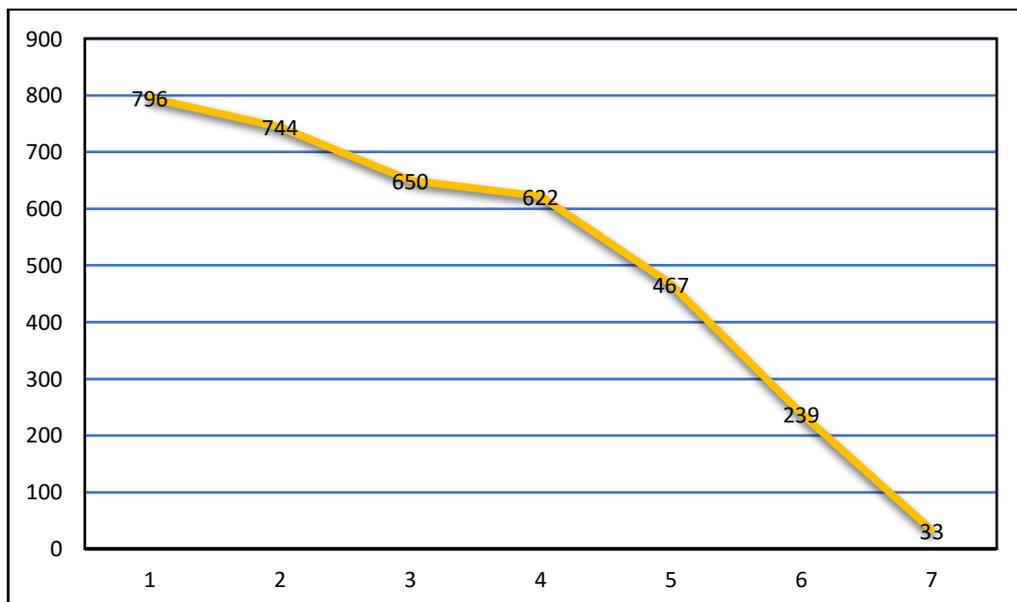
##### 1. Pengambilan data pertama tanggal 12 Juli 2019

- Waktu : 13.44 WIB  
Temperature : 35 °C  
Tekanan Gas : 56 Psi
- Waktu : 13.54 WIB  
Temperature : 317 °C  
Tekanan Gas : 52 Psi
- Waktu : 14.04 WIB  
Temperature : 551 °C  
Tekanan Gas : 49 Psi
- Waktu : 14.14 WIB  
Temperature : 624 °C  
Tekanan Gas : 48 Psi

- Waktu : 14.24 WIB  
Temperature : 668 °C  
Tekanan Gas : 45 Psi
- Waktu : 14.34 WIB  
Temperature : 780 °C  
Tekanan Gas : 41 Psi
- Waktu : 14.44 WIB  
Temperature : 840 °C  
Tekanan Gas : 40 Psi

Pada percobaan pertama temperature aluminium cair sebelum mencapai titik didih dan siap untuk dilakukan pencetakan, suhu tertinggi yang diperoleh saat pengujian yaitu 840°C pada menit ke – 60. Tekanan gas LPG pada awal peleburan adalah 56 Psi dan tekanan akhir gas LPG sebelum penuangan adalah 40 Psi, ini menunjukkan pengurangan tekanan gas LPG sebanyak 16 Psi.

- Grafik percobaan kedua ditunjukkan dalam gambar berikut :



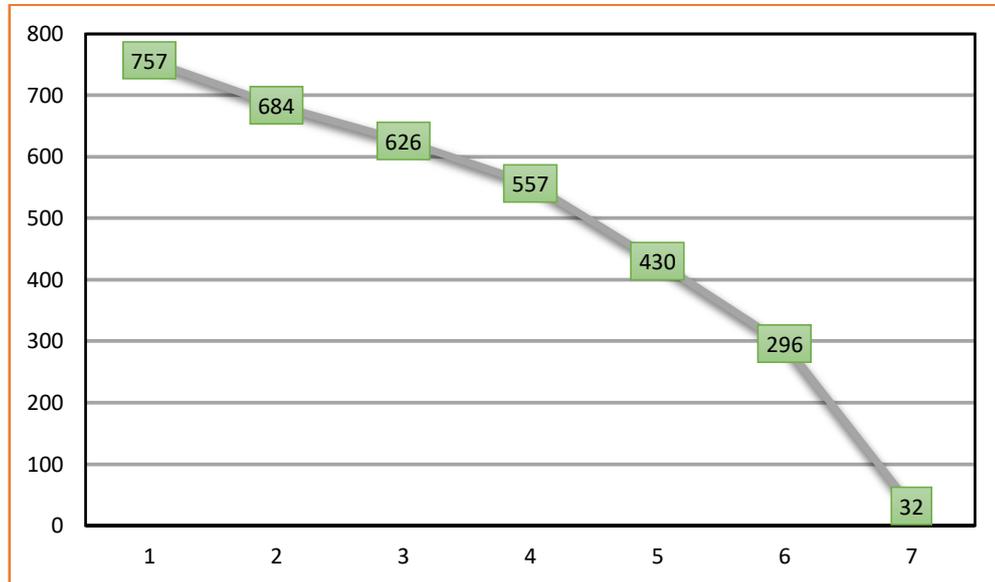
**Gambar 42.** Grafik percobaan kedua

## 2. Pengambilan data pertama tanggal 20 Juli 2019

- Waktu : 10.15 WIB  
Temperature : 33 °C  
Tekanan Gas : 56 Psi
- Waktu : 10.25 WIB  
Temperature : 239 °C  
Tekanan Gas : 54 Psi
- Waktu : 10.35 WIB  
Temperature : 467 °C  
Tekanan Gas : 50 Psi
- Waktu : 10.45 WIB  
Temperature : 622 °C  
Tekanan Gas : 48 Psi
- Waktu : 10.55 WIB  
Temperature : 650 °C  
Tekanan Gas : 46 Psi
- Waktu : 11.05 WIB  
Temperature : 744 °C  
Tekanan Gas : 44 Psi
- Waktu : 11.15 WIB  
Temperature : 796 °C  
Tekanan Gas : 43 Psi

Pada percobaan kedua temperature aluminium cair sebelum mencapai titik didih dan siap untuk dilakukan pencetakan, suhu tertinggi yang diperoleh saat pengujian yaitu 796°C pada menit ke – 60. Tekanan gas LPG pada awal peleburan adalah 56 Psi dan tekanan akhir gas LPG sebelum penuangan adalah 43 Psi, ini menunjukkan pengurangan tekanan gas LPG sebanyak 13 Psi.

- Grafik percobaan ketiga ditunjukkan dalam gambah berikut :



**Gambar 43.** Grafik percobaan ketiga

### 3. Pengambilan data pertama tanggal 25 Juli 2019

- Waktu : 10.20 WIB  
Temperature : 32 °C  
Tekanan Gas : 58 Psi
- Waktu : 10.30 WIB  
Temperature : 296 °C  
Tekanan Gas : 56 Psi
- Waktu : 10.40 WIB  
Temperature : 430 °C  
Tekanan Gas : 53 Psi
- Waktu : 10.50 WIB  
Temperature : 557 °C  
Tekanan Gas : 51 Psi
- Waktu : 10.00 WIB  
Temperature : 626 °C  
Tekanan Gas : 49 Psi

- Waktu : 11.10 WIB  
Temperature : 684 °C  
Tekanan Gas : 46 Psi
- Waktu : 11.20 WIB  
Temperature : 757 °C  
Tekanan Gas : 44 Psi

Pada percobaan ketiga temperature aluminium cair sebelum mencapai titik didih dan siap untuk dilakukan pencetakan, suhu tertinggi yang diperoleh saat pengujian yaitu 757°C pada menit ke – 60. Tekanan gas LPG pada awal peleburan adalah 58 Psi dan tekanan akhir gas LPG sebelum penuangan adalah 44 Psi, ini menunjukkan pengurangan tekanan gas LPG sebanyak 14 Psi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Perancangan ini dilakukan untuk membuat sebuah dapur peleburan logam aluminium untuk penggunaan di laboratorium. Dari hasil perancangan dapat diketahui beberapa pertimbangan antara lain : pencapaian temperatur, kapasitas logam dapat dilebur, keselamatan operator, ruang untuk ditempati di lantai laboraorium, batasan biaya, ketersediaan bahan yang digunakan, pemeliharaan dan portabilitas.

2. Dari hasil pengujian telah mengungkapkan bahwa dapur yang dirancang dapat meleburkan aluminium selama 60 menit pembakaran dengan menggunakan burner jet dengan bahan bakar gas LPG. Dapur *crucible* ini tidak hanya untuk meleburkan logam aluminium tetapi juga dapat di gunakan untuk logam yang mempunyai temperature lebur dibawah 840<sup>0</sup>C.

3. Penyempurnaan terhadap dapur peleburan hasil rancangan dapat dilakukan dengan mempebaiki konstruksi ruang bakar untuk meminimalkan rugi-rugi kalor yang terjadi serta penggunaan burner jet dengan indikator tekanan. Dengan penyerpurnaan ini, efisiensi dari dapur akan dapat ditingkatkan.

#### **5.2. Saran**

1. Melakukan pembelajaran yang mendalam terlebih dahulu terhadap beberapa referensi yang terkait serta melakukan peleburan dengan material lainnya.

2. Melakukan penelitian terhadap beberapa bahan bakar untuk tungku krusibel yang lebih efisien dari gas LPG, serta melakukan modifikasi-modifikasi tungku agar lebih bagus penggunaannya.

3. Setiap peralatan uji harap dipastikan terlebih dulu kondisi dan standarisasinya agar mendapatkan hasil yang akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) Bhirawa, W, T. 2014. "*Penggunaan Teknologi CAD CAM untuk Membuat Produk*". Universitas Suryadarma Jakarta.
- 2) Cahyo Utomo. 2017, "*Perencanaan dan Pembuatan Dies Permanent Mold Pengecoran Logam Dengan Material Besi Cor Ductile (FCD)*", Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 3) De Garmo, E. Paul, 1981. "*Material and Processes In Manufacturing*", edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- 4) Dewi Hadayani Untari Ningsih. 2005. "*Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]*". Universitas Stikubank Semarang.
- 5) Firdaus. 2010. "*Rancang Bangun Cetakan Permanen (Permanent Mold) Untuk Pembuatan Pulley Alumunium*", Politeknik Negeri Sriwijaya.
- 6) George, M, S. 1991. *Komunikasi Pembelajaran*. Diperoleh: <http://id.shuoong.com> and-speaking identifikasi perancangan sistem.
- 7) Harmanto, Sri, dkk, 2016, *Pengaruh temperatur penuangan terhadap kekerasan dan porositas pada cetakan logam*, Poloteknik Negeri Semarang.
- 8) Masyrukan. 2012. "*Pengaruh Metoda Pengecoran Terhadap Hasil Coran Besi Cor Kelabu*". Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 9) Mubarak, Amir Zaki, Akhyar, 2013, *Perancangan dan pembuatan dapur peleburan logam dengan menggunakan bahan bakar gas (LPG)*, Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala.
- 10) Nugroho, M., 2006, "*Penelitian Sifat Fisis dan Mekanis pada Material Kuningan Melalui Uji Komposisi Kimia, Struktur Mikro dan Kekerasan*". UMS, Surakarta.

- 11) Soemowidodo, Arianto Leman, 2017, *Tungku krusibel kompak untuk praktik pengecoran aluminium di SMK Muhammadiyah 1 Salam*, Universitas Negeri Yogyakarta .
- 12) Supriyanto. 2002. "*Penelitian Sifat Fisis dan Mekanis Kuningan Bahan Rosok*". Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 13) Surdia, Tata. MS, dan Chijiwa, K. 1986. "*Pengecoran logam*". Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- 14) Surdia, Tata, 1986, *Teknik Pengecoran Logam, Edisi kedua*, PT Pradya Paramita, Bandung.
- 15) Yahuza, Rosehan.2010. *Teknologi CNC*, Universitas Tarumanegara, Jakarta.
- 16) Yulianto, A, 2016. "*Pengecoran Besi Cor Kelabu dengan Menggunakan Cetakan Besi Cor Ulet Yang Telah Dipanaskan*".
- 17) Irwan Paserangi, I., Yanti. 2018. *157 Pemanfaatan Limbah Jarak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket Bahan bakar Ekonomis, SNP2M Makassar*, 157-159

## LAMPIRAN



**Gambar 44.** Tanur crucible



**Gambar 45.** Pemasangan angker pada badan tanur



**Gambar 46.** Pelapisan tungku



**Gambar 47.** Ladel



**Gambar 48.** Cetakan logam



**Gambar 49.** Material aluminium



**Gambar 50.** Proses Peleburan



**Gambar 51.** Proses penuangan



**Gambar 52.** Aluminium hasil coran