

PERANCANGAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN

KAPASITAS 80 Kg/Jam

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memproleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

BAYU SANDRA

10. 813. 0001



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2016**

**PERANCANGAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN
KAPASITAS 80 Kg/Jam**

TUGAS AKHIR

OLEH :

BAYU SANDRA
10.813.0001

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Ir. Suditama , MT)

(Budhi Santri Kusuma ST, MT)

Mengetahui

Dekan,

Ketua Jurusan

(Prof.Dr.Dadan Ramdan, M.Eng , MSc)

(Bobby Umroh ST, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bayu Sandra

NPM : 10.813.0001

Judul : "PERANCANGAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN KAPASITAS 80 Kg/Jam"

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa hasil penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dar karya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila terdapat pelanggaran didalam penulisan Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi berdasarkan sanksi yang berlaku di Universitas Medan Area.

Medan, 2016

Yang membuat pernyataan



Bayu Sandra

**PERANCANGAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN
KAPASITAS 150 Kg/Jam**

TUGAS AKHIR

OLEH :

BAYU SANDRA

10.813.0001

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II



(Dr. Ir. Suditama , MT)



(Budhi Santri Kusuma , ST, MT)

Mengetahui

Dekan,



(Prof. dr. Dadan Ramdan, M.Eng., MSc)

Ketua Jurusan



(Bobby Umroh ST, MT)

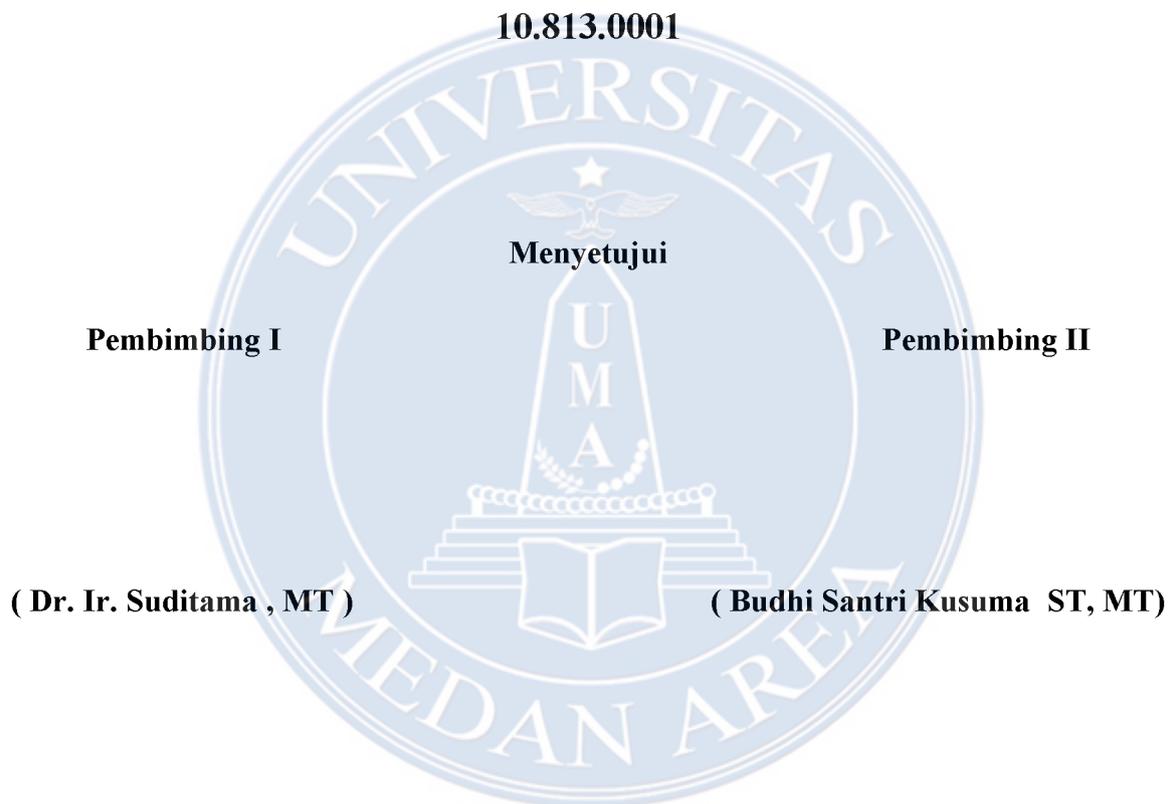
**PERANCANGAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN
KAPASITAS 80 Kg/Jam**

TUGAS AKHIR

OLEH :

BAYU SANDRA

10.813.0001



Mengetahui

Dekan,

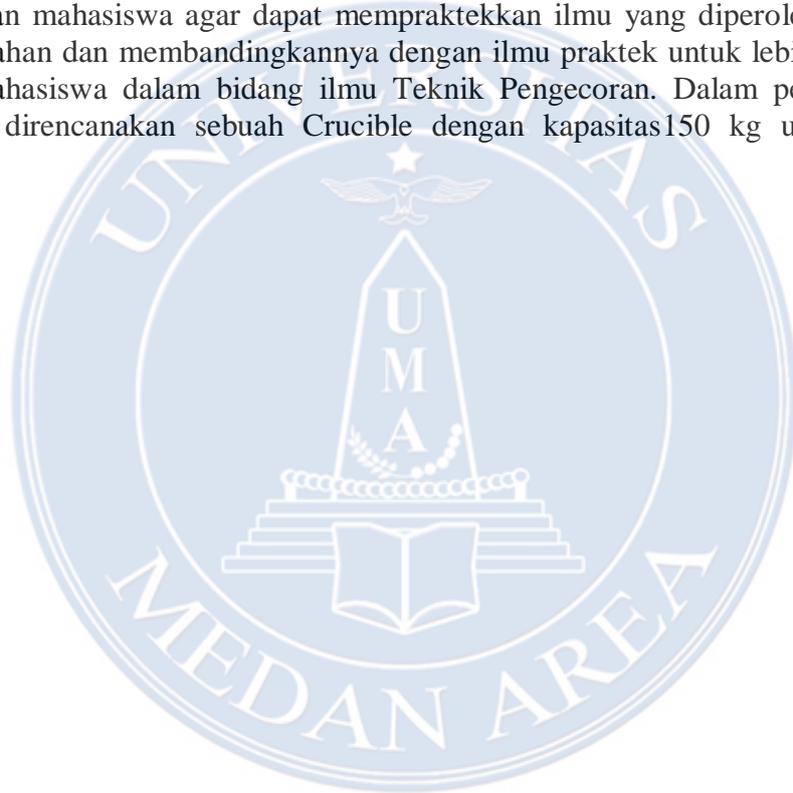
Ketua Jurusan

(Prof.Dr.Dadan Ramdan, M.Eng , MSc)

(Bobby Umroh ST, MT)

Abstrak

Pengecoran Logam merupakan salah satu ilmu keteknikan yang perkembangannya cukup pesat saat ini. Untuk itu, perlu didukung dengan pengembangan fasilitas Pengecoran Logam di Laboratorium kampus setidaknya menyamai industri-industri di luar Laboratorium kampus. Oleh sebab itu, semua ahli di bidang Ilmu Pengecoran Logam harus mampu mengembangkan industri pengecoran di Indonesia yang salah satu caranya adalah dengan memberikan dasar-dasar kepada mahasiswa Perguruan Tinggi program studi Teknik Produksi. Dengan mempertimbangkan hal di atas maka diperlukan adanya sarana praktek yang memadai, yang mana salah satu alat utama dalam pengecoran adalah Dapur Crucible. Dapur crucible adalah dapur yang digunakan untuk melebur logam secara tidak langsung berhubungan dengan bahan pembakaran, dan setelah logam mencair, crucible di angkat dari dapur atau mengambil langsung logam cair dari tungku. Dengan adanya Dapur Crucible maka diharapkan mahasiswa agar dapat mempraktekkan ilmu yang diperolehnya selama di bangku perkuliahan dan membandingkannya dengan ilmu praktek untuk lebih memantapkan pemahaman mahasiswa dalam bidang ilmu Teknik Pengecoran. Dalam pertimbangan hal tersebut maka direncanakan sebuah Crucible dengan kapasitas 150 kg untuk kebutuhan Laboratorium .



Abstraction

Metal Casting is one of the engineering science that progress quite rapidly at this time. For that, it needs to be supported by the development of Metal Casting facility at the Laboratory campus at least equal the industries outside the campus laboratory. Therefore, all the experts in the field of Science Metal Casting should be able to develop the foundry industry in Indonesia is one of the ways is to provide the basics to students of College of Engineering Department of Production. In consideration of the above it is necessary to adequate practice facilities, of which one of the main tools in the casting is Kitchen Crucible. The kitchen is a kitchen crucible used to melt metals is not directly related to the burning material, and after the metal melts, remove from the crucible in the kitchen or take direct molten metal from the furnace. With the kitchen Crucible, it is expected that students can practice the knowledge gained on the bench during the lecture and compare it with the practice of science to further solidify student understanding in the field of Casting Techniques. In consideration of the matter, planned a Crucible with kapasitas 150 kg to laboratory needs.



KATA PENGANTAR

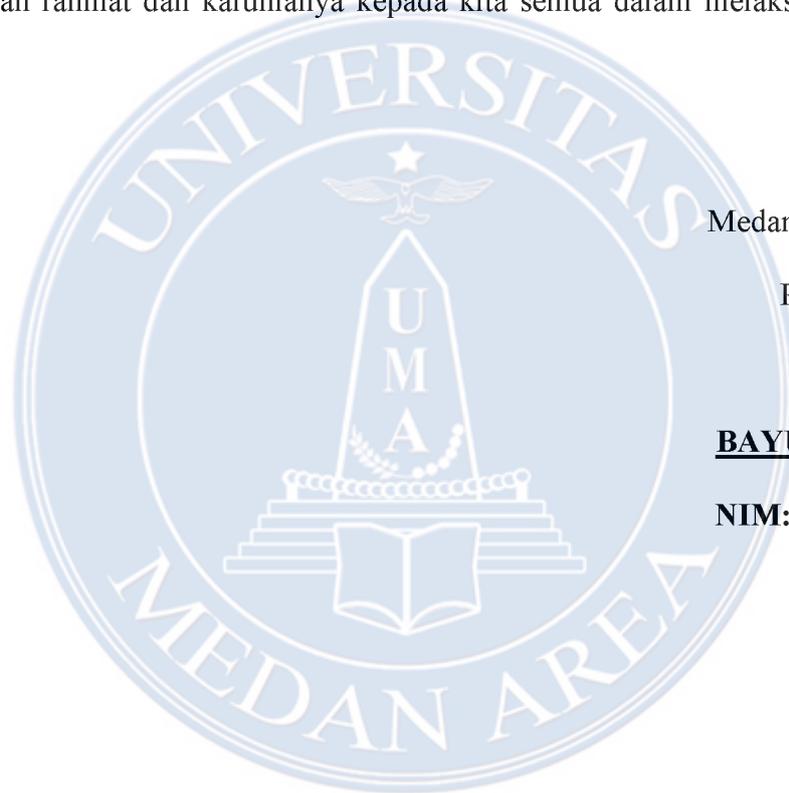
Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar dan sesuai dengan harapan. Dalam penyusunan skripsi ini membahas mengenai **“PERANCANGAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN KAPASITAS 80 Kg/Jam”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik mesin pada Fakultas teknik universitas medan area. Dengan kerendahan hati, saya juga menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yang tercinta dan teristimewa Ayahanda M.Yusuf dan Ibunda Fatmawati Sinambela yang telah memberikan dorongan moril maupun materil serta doa kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik. kemudian adik saya Lisa odillia, SPd, Wiranda. Serta keluarga yang turut memberikan dorongan moril selama perkuliahan hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Prof.DR.H.A. Ya'kub Matondang MA, selaku rektor universitas medan area
3. Bapak Dekan Fakultas Teknik, Prof.Dr. Dadan Ramdan M.Eng
4. Bapak Bobby Umroh,ST,MT, selaku ketua jurusan teknik mesin yang telah memberikan kemudahan – kemudahan dalam menyelesaikan tugas sarjana ini;
5. Bapak DR. Ir. Suditama,MT. Sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Budhi Santri,ST,MT. Sebagai dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikirannya kepada penulis;

6. Leo gembira ,ST , Dhlif kumar, ST, David fernando Silaban, ST, Rocky Balboa Simanjuntak, Cahyo Soetrisno, ST, David Ronaldo Saragih ,ST , Saiful hendra ST, Taufik Hidayat ,SH, Dan semua Krabat sanak saudara yang telah membantu Penulis dalam Penyusunan Skripsi.
7. Sriumaya Amd. yang berada jauh di lubuk hati

Akhirul kalam penulis mengharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua dan bagi kemajuan pendidikan di massa yang akan datang. Semoga Allahselalu melimpahkan rahmat dan karuniannya kepada kita semua dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari.



Medan, Januari 2016

Penulis

BAYU SANDRA

NIM: 10 813 0001

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR SIMBOL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Pembahasan.....	2
1.3. Manfaat Pembahasan.....	2
1.4. Permasalahan.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Landasan Teori	5
2.2. Logam bukan besi (non ferrous Metal)	5
2.3. Logam dan paduannya	7
2.3.1 Sejarah penemuan logam besi	7
2.3.2 Sifat-sifat unsur logam	8
2.3.4 Titik leleh danTitik didih.....	11
2.4. Perancangan tungku logam	12

2.5. Tungku kupola.....	14
2.5.1 Penggolongan daerah kupola	16
2.5.2 kapasitas Peleburan.....	17
2.5.3 Tinggi efektif.....	17
2.6 Daerah kurs	18
2.7 Lubang cerat dan lubang terak	18
2.8 Tuyer	19
2.9 Pengoperasian dapur kupola.....	19
2.10 Pelapisan.....	20
2.11 Persiapan	22
2.12 Cara operasi.....	23
2.12.1 Persyaratan operasi yang sempurna	25
2.13 Oprasi kupola massa sekarang	27
2.13.1 Kupola berpendingin cair	27
2.13.2 Oprasi tiupan udara panas	28
2.13.3 Oprasi tiupan dengan penurunan kelembaban	29
2.14 Pengamat terak	32
2.15 Batu tahan api.....	34
2.16 Semen tahan api	37
2.17 Tanah liat.....	38
2.18 Langkah-langkah mengoperasikan Tungku	39
2.19 Efek yang ditimbulkan pada pengecoran bila tidak baik	40
2.20 Jenis bahan bakar	41
2.20.1 Bahan bakar cair	41
2.20.2 Bahan bakar padat	41
2.20.3 Bahan bakar gas	42

	2.21 Metode Perencanaan	43
	2.22 Analisa perhitungan dimensi	44
	2.23 Peroses pengecoran logam	44
BAB III	METODE PENELITIAN.....	49
	3.1 Waktu dan tempat	49
	3.2 Bahan dan alat.....	49
	3.2.1 Bahan	50
	3.2.2 Alat	52
	3.3 Diagram alir.....	53
	3.4 Keterangan diagram alir	54
BAB IV	PEMBAHASAN	55
	4.1. Proses Perancangan	55
	4.1.1 Peralatan yang digunakan.....	55
	4.1.2 Bahan yang digunakan	56
	4.2. Deskripsi Pembuatan Tungku.....	56
	4.3 Kapasitas tungku	58
	4.4 Batu bata dely clay	59
	4.5 Kalor yang diterima batu bata	61
	4.6 Panas yang terbuang.....	64
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	71
	5.1. Kesimpulan.....	71
	5.2. Saran.....	73
	DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat jenis beberapa jenis logam	6
Tabel 2.2 Nilai Kalor kotor	41
Tabel 2.3 Nilai kalor batu bata	42
Tabel 2.4 Sifat-sifat fisik	42
Tabel 3.1 Metode penelitian	49
Tabel 3.6 Kerangka Penelitian	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tungku peleburan.....	4
Gambar 2.2	Tungku peleburan logam berkapasitas 150kg/jam.....	13
Gambar 2.3	Tungku krusibel.....	14
Gambar 2.4	Tungku kupola.....	34
Gambar 2.5	Batu bata tahan api.....	35
Gambar 2.6	Semen tahan api.....	37
Gambar2.7	Tanah liat.....	38
Gambar 3.1	Pasir silika.....	50
Gambar 3.2	Cetakan.....	51
Gambar 3.3	Logam bekas.....	51
Gambar 3.4	Sekrap.....	52
Gambar 3.5	Tampungan logam cair.....	52
Gambar 4.1	Celah segi empat.....	57
Gambar 4.2	Ukuran batu bata tahan api.....	61

DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
C _{pi}	Panas jenis logam panas	kJ/kg.°K
C _{p2}	panas jenis logam cair	kJ/kg.°K
C _{p3}	panas jenis batu bara	kJ/kg.°K
C _{p4}	Panas jenis plat dinding	kJ/kg.°K
D _{ab}	Diameter dalam batu bata	m
D _{ib}	Diameter luar batu bata	m
D _p	Diameter plat luar	m
H _o	Koefisien perpindahan panas konveksi	W/m.°C
K _b	Konduktivitas thermal bata	W/m.°C
K _p	Konduktivitas thermal didinding plat	W/m.°C
L	Tinggi ruang bakar	m
N _{ib}	Masa batu bata	kg
M _{bb}	Massa bahan bakar	kg
M _{pi}	Massa plat dinding luar	kg
M _{ai}	Massa almunium yang akan di lebur	kg
Nu	Bilangan Nusselt	
Pr	Bilangan prandalt	
Q _i	Kalor yang terbuang dari dinding dapur	kJ/jam
Q _i	Kalor yang diserap untuk melebur logam	kJ
Q _i	kalor yang di serap batu bara	kJ
Q _s	kalor yang diserap dinding plat luar	kJ
Q _n	Kalor total yang di serap	kJ
Q _{t2}	Kalor yang total terbuang selama proses	kJ

Ra	jari-jari dalam bata	kJ
R4	jari-jari luar bata	kJ
R\$	Jari-jari luar dinding	m
Re	bilangan reynold	
Tb	Tinggi bata ang menerima panas	m
Tp	Tinggi plat yang mengalami perubahan suhu	m
Tf	suhu flm	°K
Ta	Temperatur ruang bakar	°K
Tl	Temperatur suhu lingkungan	°K
U0	Koefisien perpindahan panas total	°K
V	Viskositas kinematika	Cst
Xp	Ketebalan plat dinding	m



DAFTAR LAMPIRAN

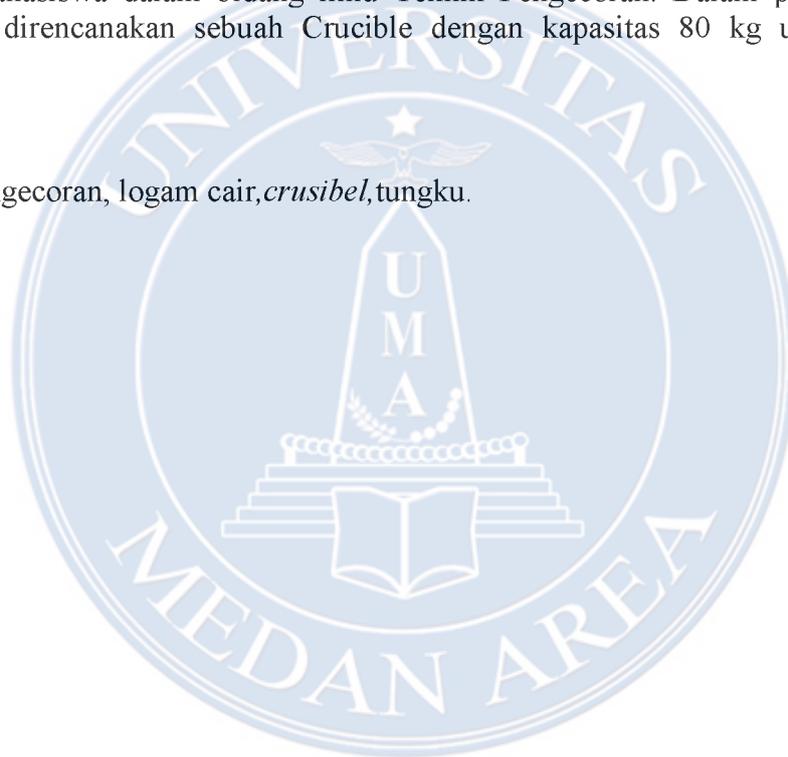
- Lampiran 1. bentuk- bentuk dan ukuran batu bata tahan api
- Lampiran 2. Tabel kalor peleburan dan penguapan
- Lampiran 3. Tabel kalor jenis zat
- Lampiran 4. Tungku peleburan logam
- Lampiran 5. Bagian dalam tungku peleburan
- Lampiran 6. Tabel hasil analisa tungku peleburan



Abstract

Pengecoran Logam merupakan salah satu ilmu keteknikan yang perkembangannya cukup pesat saat ini. Untuk itu, perlu didukung dengan pengembangan fasilitas Pengecoran Logam di Laboratorium kampus setidaknya menyamai industri-industri di luar Laboratorium kampus. Oleh sebab itu, semua ahli di bidang Ilmu Pengecoran Logam harus mampu mengembangkan industri pengecoran di Indonesia yang salah satu caranya adalah dengan memberikan dasar-dasar kepada mahasiswa Perguruan Tinggi program studi Teknik Produksi. Dengan mempertimbangkan hal di atas maka diperlukan adanya sarana praktek yang memadai, yang mana salah satu alat utama dalam pengecoran adalah Dapur Crucible. Dapur crucible adalah dapur yang digunakan untuk melebur logam secara tidak langsung berhubungan dengan bahan pembakaran, dan setelah logam mencair, crucible di angkat dari dapur atau mengambil langsung logam cair dari tungku. Dengan adanya Dapur Crucible maka diharapkan mahasiswa agar dapat mempraktekkan ilmu yang diperolehnya selama di bangku perkuliahan dan membandingkannya dengan ilmu praktek untuk lebih memantapkan pemahaman mahasiswa dalam bidang ilmu Teknik Pengecoran. Dalam pertimbangan hal tersebut maka direncanakan sebuah Crucible dengan kapasitas 80 kg untuk kebutuhan Laboratorium .

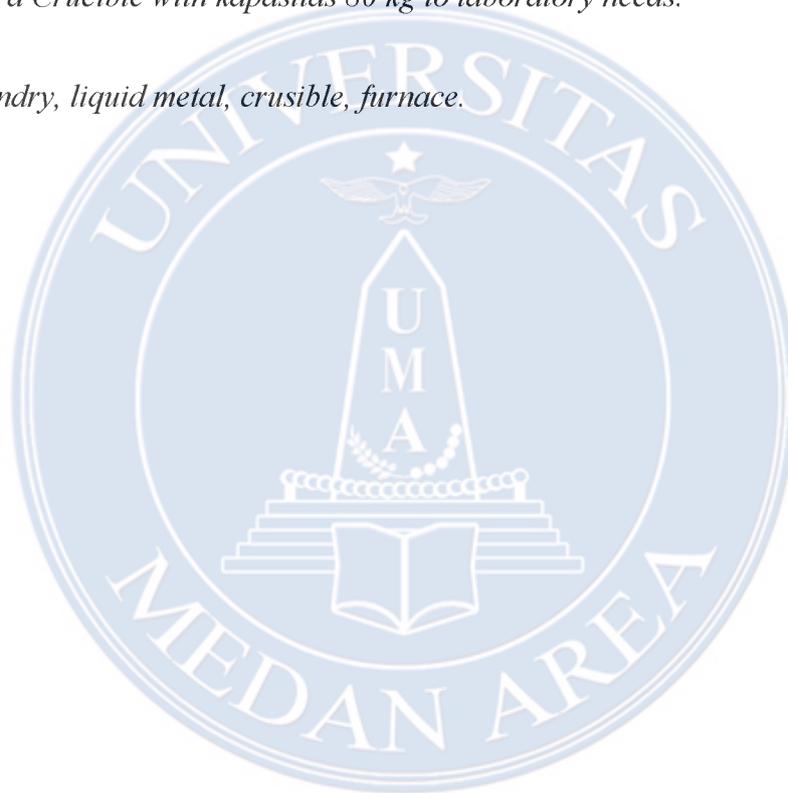
Kata kunci: Pengecoran, logam cair, *crusibel*, tungku.



Abstract

Metal Casting is one of the engineering science that progress quite rapidly at this time. For that, it needs to be supported by the development of Metal Casting facility at the Laboratory campus at least equal the industries outside the campus laboratory. Therefore, all the experts in the field of Science Metal Casting should be able to develop the foundry industry in Indonesia is one of the ways is to provide the basics to students of College of Engineering Department of Production. In consideration of the above it is necessary to adequate practice facilities, of which one of the main tools in the casting is Kitchen Crucible. The kitchen is a kitchen crucible used to melt metals is not directly related to the burning material, and after the metal melts, remove from the crucible in the kitchen or take direct molten metal from the furnace. With the kitchen Crucible, it is expected that students can practice the knowledge gained on the bench during the lecture and compare it with the practice of science to further solidify student understanding in the field of Casting Techniques. In consideration of the matter, planned a Crucible with kapasitas 80 kg to laboratory needs.

Keywords: Foundry, liquid metal, crusible, furnace.





DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR SIMBOL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Pembahasan.....	2
1.3. Manfaat Pembahasan.....	2
1.4. Permasalahan.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Uraian Teori	4
2.2. Jenis – jenis tungku Peleburan Logam	6
2.3. Operasi kupola masa sekarang	23
2.4. Langkah - Langkah Mengoperasikan Tungku	39
2.5. Efek yang ditimbulkan pada pengecoran, bila peleburan logam tidak ditangani dengan baik	40
2.6. Jenis – jenis bahan bakar cair	41
2.7. Metode perencanaan.....	43
2.8. Analisis Perhitungan dan Dimensi	44
2.9. Proses Pengecoran Logam	44

BAB III	METODE PENELITIAN.....	50
	3.1. Tempat dan Waktu Perancangan.....	50
	3.2. Metode Perancangan Tungku	50
	3.3. Bagian-Bagian Dari Peleburan	50
	3.4. Bahan yang digunakan	51
	3.5 Alat-alat yang digunakan	53
	3.6 Teknik Pengambilan Data	55
	3.7 Diagram Alir penelitian.....	55
BAB IV	PEMBAHASAN	56
	4.1. Proses Perancangan	56
	4.2. Deskripsi Pembuatan Tungku.....	57
	4.3. Kapasitas Tungku.....	59
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	72
	5.1. Kesimpulan.....	72
	5.2. Saran.....	74
	DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat jenis beberapa jenis logam	6
Tabel 2.2 Nilai Kalor kotor	41
Tabel 2.3 Nilai kalor batu bata	42
Tabel 2.4 Sifat-sifat fisik	42
Tabel 3.1 Metode penelitian	49
Tabel 3.6 Kerangka Penelitian	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tungku Peleburan.....	4
Gambar 2.2. Tungku Peleburan Logam Berkapasitas 150 Kg/Jam.....	12
Gambar 2.3 Tungku Krusibel.....	14
Gambar 2.4 Tungku Kupola.....	34
Gambar 2.5 Batu Bata Tahan Api.....	35
Gambar 2.6 Semen Tahan Api	37
Gambar 2.7 Tanah Liat.....	38
Gambar 2.8 Pasir Silica	51
Gambar 2.9 Cetakan Hal.....	52
Gambar 2.10 Logam Bekas	52
Gambar 2.11 Sekrap.....	53
Gambar 2.12 Tampungan Logam Air.....	53
Gambar 2.13 Kerangka Penelitian.....	54
Gambar 2.14 Celah Segi Empat Pada Tungku.....	58

DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
C _{pi}	Panas jenis logam panas	kJ/kg.°K
C _{p2}	panas jenis logam cair	kJ/kg.°K
C _{p3}	panas jenis batu bara	kJ/kg.°K
C _{p4}	Panas jenis plat dinding	kJ/kg.°K
D _{ab}	Diameter dalam batu bata	m
D _{ib}	Diameter luar batu bata	m
D _p	Diameter plat luar	m
H _o	Koefisien perpindahan panas konveksi	W/m.°C
K _b	Konduktivitas thermal bata	W/m.°C
K _p	Konduktivitas thermal didinding plat	W/m.°C
L	Tinggi ruang bakar	m
N _{ib}	Masa batu bata	kg
M _{bb}	Massa bahan bakar	kg
M _{pi}	Massa plat dinding luar	kg
M _{ai}	Massa almunium yang akan di lebur	kg
Nu	Bilangan Nusselt	
Pr	Bilangan prandalt	
Q _i	Kalor yang terbuang dari dinding dapur	kJ/jam
Q _i	Kalor yang diserap untuk melebur logam	kJ
Q _i	kalor yang di serap batu bara	kJ
Q _s	kalor yang diserap dinding plat luar	kJ
Q _n	Kalor total yang di serap	kJ
Q _{t2}	Kalor yang total terbuang selama proses	kJ
R _a	jari-jari dalam bata	kJ
R ₄	jari-jari luar bata	kJ

R_s	Jari-jari luar dinding	m
Re	bilangan reynold	
T_b	Tinggi bata ang menerima panas	m
T_p	Tinggi plat yang mengalami perubahan suhu	m
T_f	suhu flm	$^{\circ}K$
T_a	Temperatur ruang bakar	$^{\circ}K$
T_l	Temperatur suhu lingkungan	$^{\circ}K$
U_0	Koefisien perpindahan panas total	$^{\circ}K$
ν	Viskositas kinematika	Cst
x_p	Ketebalan plat dinding	m



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.

Proses peleburan dan pengecoran logam untuk mengubah logam dari fasa padat menjadi fasa cair pasti akan menggunakan suatu tungku peleburan yang mana material bahan baku logam serta jenis tungku yang akan digunakan tentunya harus disesuaikan dengan jenis serta jumlah material yang akan dilebur. Pemilihan tungku peleburan yang akan digunakan untuk mencairkan logam harus sesuai dengan bahan baku yang akan dilebur. Paduan aluminium, paduan tembaga, paduan timah hitam, dan paduan ringan lainnya biasanya dilebur dengan menggunakan tungku peleburan jenis crucible, sedangkan untuk besi cor menggunakan tungku induksi frekwensi rendah atau kupola. Tungku induksi frekwensi tinggi biasanya digunakan untuk melebur baja dan material tahan temperatur tinggi. Faktor-faktor pemilihan tungku antara lain seperti jenis logam yang akan dicor, desain temperatur lebur dan temperatur penuangan, kemampuan atau kapasitas tungku yang mampu dilebur, biaya operasi yang dibutuhkan, kemudahan pengoperasian, kemudahan perawatan, dan polusi terhadap lingkungan. Berangkat dari permasalahan itu maka timbul sebuah pemikiran atau ide untuk merancang sebuah tungku peleburan logam dengan kapasitas 80 Kg/Jam dengan menggunakan bahan bakar batu bara dan kokas. Adapun timbulnya ide pemikiran bertujuan untuk menguji dan membandingkan tingkat kualitas peleburan antara dengan menggunakan bahan bakar batu bara dengan sistem peleburan lainnya.

1.2 Perumusan Masalah.

Sesuai dengan permasalahan yang di dimaksudkan diatas, maka tujuan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui sistem dan proses peleburan logam dengan menggunakan bahan bakar batu bara.
2. Merancang tungku peleburan logam dengan bahan bakar batu bara.

1.3 Tujuan Umum.

Merancang tungku peleburan logam dengan kapasitas 80 Kg/Jam.

1. Pemilihan bahan dapur
2. Bahan penyekat panas
3. Efisiensi dapur terhadap pemakaian bahan bakar

1.4 Tujuan khusus.

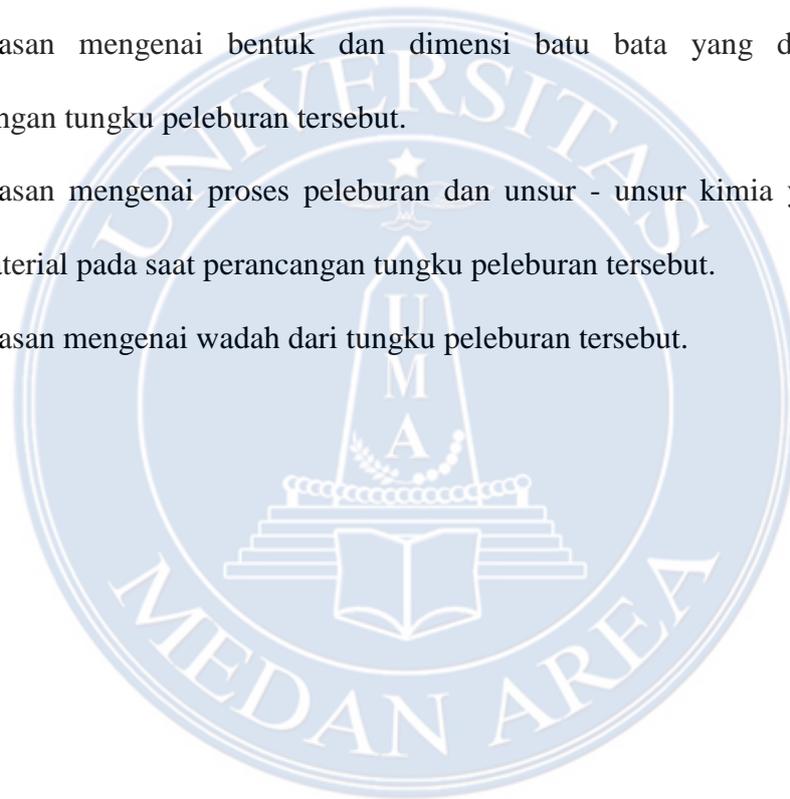
1. Membuat tungku untuk peleburan logam dan menghitung nilai kalor yang diperlukan untuk peleburan logam kapasitas 80 kg/jam.
2. Menghitung daya laju perpindahan panas untuk bahan bakar batu bara dan kecepatan peleburan pada tungku logam .

1.5 Manfaat Perancangan

1. Untuk mengetahui sejauh mana kualitas peleburan dengan menggunakan bahan bakar batu bara.
2. Sebagai bahan perbandingan antara kualitas peleburan logam dengan menggunakan bahan bakar batu bara dengan menggunakan bahan bakar lainnya.

Dalam perancangan tungku peleburan logam ini, maka batasan masalah diambil adalah:

1. Pembahasan mengenai bentuk dan dimensi batu bata yang digunakan untuk perancangan tungku peleburan tersebut.
2. Pembahasan mengenai proses peleburan dan unsur - unsur kimia yang terkandung pada material pada saat perancangan tungku peleburan tersebut.
3. Pembahasan mengenai wadah dari tungku peleburan tersebut.



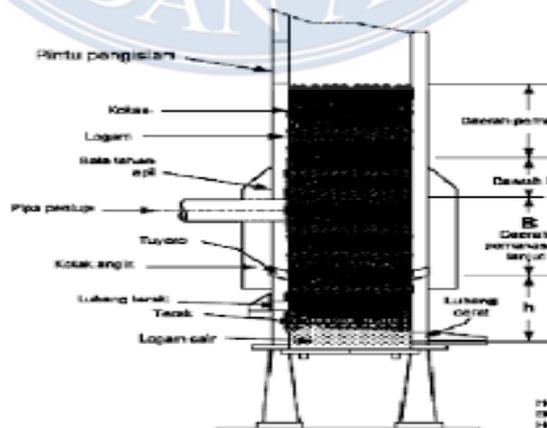
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang diperlukan dalam mendukung perancangan, sehingga pelaksanaan pembuatan alat dapat dilakukan secara teoritis dengan dilakukannya percobaan peleburan logam.

2.1 Uraian Teori

Peleburan logam adalah proses mencairkan logam pada temperatur tertentu dengan menggunakan energi panas yang dihasilkan oleh tungku. Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk melelehkan logam untuk pembuatan bagian mesin (casting) atau untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya (misalnya rolling/penggulungan, penempaan) atau merubah sifat-sifatnya (perlakuan panas). 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.



Gambar 2.1. : Tungku Peleburan

Peleburan logam merupakan aspek terpenting dalam operasi - operasi pengecoran karena berpengaruh langsung pada kualitas produk cor. Pada proses peleburan, mula-mula muatan yang terdiri dari logam, unsur-unsur paduan dan material lainnya seperti fluks dan unsur pembentuk terak dimasukkan kedalam tungku.

Fluks adalah senyawa inorganic yang dapat “membersihkan” logam cair dengan menghilangkan gas-gas yang ikut terlarut dan juga unsur-unsur pengotor (impurities). Fluks memiliki beberapa kegunaan yang tergantung pada logam yang dicairkan, seperti pada paduan alumunium terdapat *cover fluxes* (yang menghalangi oksidasi dipermukaan alumunium cair), *Cleaning fluxes*, *drossing fluxes*, *refining fluxes*, dan *wall cleaning fluxes* .

2.2. Logam Bukan Besi (Nonferrous Metal)

Indonesia merupakan negara penghasil bukan besi yaitu penghasil timah putih, tembaga, nikel, alumunium 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 penampilanya.

Logam bukan besi ini dibagi dalam dua golongan menurut berat jenis nya, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat adalah logam yang mempunyai berat jenis diatas

5 kg/m^3 .

Berat jenis pada masing-masing non besi ini dapat dilihat pada tabel 2.1. Secara umum dapat dinyatakan bahwa makin berat suatu logam bukan besi maka makin baik daya tahan korosinya. Bahan logam bukan besi yang sering dipakai adalah paduan tembaga, paduan alumunium, paduan magnesium, dan paduan timah. Tabel 2.1. ini memperlihatkan perbandingan berat jenis serta berbagai logam bukan besi.

Tabel 2.1 Berat jenis dari beberapa jenis logam

NO	Logam	Berat jenis (kg/m^3)
1.	Alumunium	2.643
2.	Tembaga	8.906
3.	Kuningan	8.750
4.	Timah hitam	11.309
5.	Magnesium	1.746
6.	Nikel	8.703
7.	Seng	7.144
8.	Besi	7.897
9.	Baja	7.769

2.3 Logam dan Paduannya

2.3.1 Sejarah Penemuan Logam Besi

Besi adalah salah satu unsur yang dinyatakan secara jelas dalam al-Qur'an karena terdapat surat bernama al-Hadiid yang berarti besi. Sangat menarik karena mengapa Allah tidak mengemukakan unsur lain, seperti emas, perak, intan, permata dan unsur lainnya yang lebih mahal di mata manusia? Allah berfirman:

“Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya.” (QS. al-Hadiid [57]: 25).

Kata anzalna yang berarti Kami turunkan, khusus digunakan seputar penciptaan atau adanya besi di bumi kita ini. Kata ini dapat digunakan secara kiasan untuk menjelaskan bahwa besi diciptakan untuk membawa manfaat yang besar bagi manusia, tapi ketika kita menimbangkan makna harfiah dari kata anzalna ini yaitu secara nyata diturunkan dari atas atau dari langit, maka ayat ini memiliki keajaiban dan mukjizat ilmiah yang sangat penting.

Hal ini dikarenakan penemuan astronomi masa kini menyebutkan bahwa logam besi yang ditemukan di bumi berasal dari bintang-bintang raksasa di angkasa luar. Logam berat di alam semesta dibuat dan dihasilkan dari inti-inti bintang raksasa, tapi sistem tata surya kita tidak memiliki struktur yang cocok untuk menghasilkan besi secara sendiri. Besi ini hanya bisa dibuat dari bintang-

bintang yang ukurannya jauh lebih besar dari matahari yang suhunya mencapai ratusan juta derajat. Ketika besi telah melampaui jumlah batas tertentu dalam sebuah bintang, bintang tersebut tidak lagi mampu menanggungnya dan akhirnya meledak dan disebut Super Nova.

Akibat dari ledakan ini, meteor-meteor yang mengandung besi bertaburan di seluruh penjuru alam semesta, bergerak dalam ruang hampa semesta hingga mengalami gaya tarikan oleh gravitasi benda-benda luar angkasa. Semua ini menunjukkan bahwa besi tidak terbentuk di bumi, melainkan kiriman dari bintang-bintang yang meledak di luar angkasa melalui meteor-meteor dan diturunkan ke bumi.

Persis seperti yang dinyatakan dalam ayat tadi bahwa besi diturunkan oleh Allah dari langit. Bukti ini tidak dapat ditemukan pada abad ke-7 saat al-Qur'an diturunkan, karena pada masa itu belum ada teleskop, pesawat luar angkasa, satelit, ataupun lainnya. Dan, tentu ayat ini bukan kebetulan karena ribuan ayat al-Qur'an yang berbicara tentang ilmu pengetahuan tidak ada satu pun yang bertentangan dengan penemuan dan bukti ilmiah yang baru ditemukan baru-baru ini, bahkan masih banyak lagi yang belum bisa dibuktikan.

2.3.2 Sifat-sifat Unsur Logam

Logam mempunyai sifat-sifat istimewa yang menjadi dasar penggunaannya. Sifat-sifat tersebut dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Kuat Kecuali raksa, semua berwujud padat pada suhu kamar. Kekerasan dan kekuatan logam dapat ditingkatkan dengan cara mencampurkan logam dengan logam yang lain atau dengan non logam yang disebut aliansi (alloy) misalnya aliansi aluminium dengan magnesium yang dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi bangunan, jembatan dan kendaraan bermotor.
2. Dapat ditempa dan dapat diregangkan. Bergantung pada kemudahan lapisan-lapisan atom menggelincir di atas lapisan atom lainnya yang terdapat dalam kristal logam. Semakin simetris susunan atom dalam suatu logam akan semakin mudah ditempa dan diregangkan. Elektron valensi yang berada dalam logam mengelilingi ion logam yang bermuatan positif secara simetris karena gaya tarik antar ion logam dan elektron valensi sama ke segala arah. Sehingga bila ditempa, logam tidak akan remuk, tetapi akan menggeser. Logam tidak hancur bila dipukul. Maka, logam dapat ditempa untuk membuat berbagai perkakas, barang kerajinan atau perhiasan. Logam dapat pula diulur menjadi kawat.
3. Konduktor Listrik yang baik. Elektron valensi yang mudah bergerak memungkinkan muatan negatif yang berasal dari luar mendorong lautan elektron, sehingga listrik dapat mengalir melalui logam. Sifat ini yang mendasari penggunaan logam sebagai kabel listrik, serta alat memasak seperti ketel, panci dan kual.
4. Penghantar Panas Yang Baik bila bagian tertentu dari logam dipanaskan, maka elektron-elektron pada logam tersebut akan menerima sejumlah energi, sehingga energi kinetiknya bertambah dan gerakannya makin cepat. Elektron yang bergerak cepat itu akan menyerahkan sebagian

energikinetiknya kepada elektron lain sehingga seluruh bagian logam menjadi panas dan naik suhunya.

5. Mengkilap jika digosok atau terkena cahaya. Kilap logam terjadi karena permukaan logam memantulkan semua cahaya dari sinar tampak yang mengenainya. Pada saat logam terkena cahaya, elektron-elektron bebas pada logam naik ke tingkat energi yang lebih tinggi (terekstisasi), kemudian memancarkan kembali semua energi cahaya yang telah diserapnya pada saat kembali ke tingkat energi awal. Logam dimanfaatkan sebagai perhiasan maupun untuk dekorasi karena memiliki sifat mengkilap jika digosok.
6. Pada suhu kamar berwujud padat kecuali raksa (berwujud cair).
7. Memiliki Kerapatan Relatif Tinggi, sifat kerapatan logam menunjukkan struktur logam.

Tipe a : struktur kubus sederhana (sc = simple cubic)

Tipe b : struktur kubus berpusat tubuh (bcc = body centered cubic)

Tipe c : struktur kubus berpusat muka (fcc = face centered cubic)

Jadi, unsur-unsur logam terletak pada bagian kiri-bawah sistem periodik unsur, sedangkan unsur-unsur nonlogam terletak pada bagian kanan-atas. Batas logam dan nonlogam pada sistem periodik sering digambarkan dengan tangga diagonal bergaris tebal, sehingga unsur-unsur di sekitar daerah perbatasan antara logam dan nonlogam itu mempunyai sifat logam sekaligus sifat nonlogam. Unsur-

unsur itu disebut unsur metaloid. Contohnya adalah boron dan silikon. Selain itu, sifat logam juga berhubungan dengan kereaktifan suatu unsur. Reaktif artinya mudah bereaksi. Unsur-unsur logam pada sistem periodik unsur makin ke bawah semakin reaktif (makin mudah bereaksi) karena semakin mudah melepaskan elektron. Sebaliknya, unsur-unsur bukan logam pada sistem periodik makin ke bawah makin kurang reaktif (makin sukar bereaksi) karena semakin sukar menangkap elektron. Jadi, unsur logam yang paling reaktif golongan IA (logam alkali) dan unsur nonlogam yang paling reaktif adalah golongan VIIA (halogen) (Martin S. Silberberg, 2000).

2.3.4 Titik Leleh dan Titik Didih

Berdasarkan titik leleh dan titik didih dapat disimpulkan sebagai berikut: Dalam satu periode, titik cair dan titik didih naik dari kiri ke kanan sampai golongan IVA, kemudian turun drastis. Titik cair dan titik didih terendah dimiliki oleh unsur golongan VIIIA.

Dalam satu golongan, ternyata ada dua jenis kecenderungan: unsur-unsur golongan IA – IVA, titik cair dan titik didih makin rendah dari atas ke bawah; unsur-unsur golongan VA – VIIIA, titik cair dan titik didihnya makin tinggi.



Gambar.2.2 : Tungku peleburan logam berkapsitas 80 kg/jam

2.4. Perancangan tungku Logam

Tungku peleburan yang direncanakan pada perancangan ini adalah tungku jenis kupola.

Adapun karakteristik tungku peleburan kupola adalah :

1. Tungku ini terdiri dari suatu saluran/bejana baja vertical yang didalamnya terdapat susunan bata tahan api.
2. Muatan terdiri dari susunan atau lapisan logam, kokas dan fluks.
3. Kupola dapat beroperasi secara kontinu, menghasilkan logam cair dalam jumlah besar dan laju peleburan tinggi.

Muatan Kupola terdiri dari :

1. Besi kasar (20 % - 30 %)
2. Skrap baja (30 % - 40 %)

Kadar karbon dan siliko yang rendah adalah menguntungkan untuk mendapat coran dengan prosentase Carbon dan Si yang terbatas. Untuk besi cor kekuatan tinggi ditambahkan dalam jumlah yang banyak.

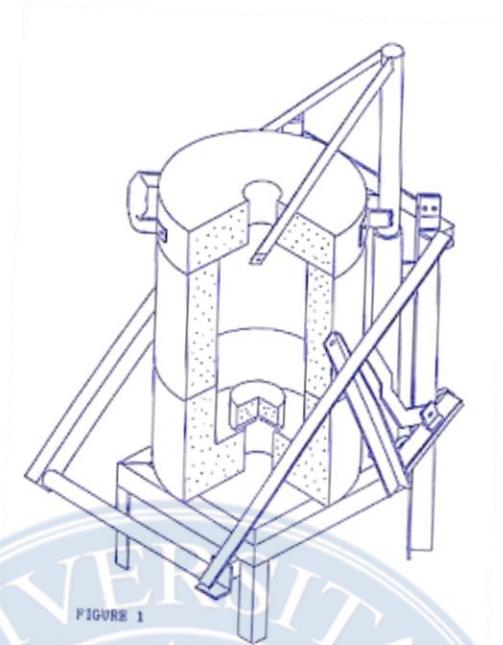
3. Skrap balik

Yang dimaksud skrap balik adalah coran yang cacat, bekas penambah, saluran turun, saluran masuk atau skrap balik yang dibeli dari pabrik pengecoran.

4. Paduan besi

Paduan besi seperti Fe-Si, Fe-Mn ditambahkan untuk mengatur komposisi. Prosentase karbon berkurang karena oksidasi logam cair dalam cerobong dan pengarbonan yang disebabkan oleh reaksi antar logam cair dengan kokas. Prosentase karbon terutama diatur oleh perbandingan besi kasar dan skrap baja. Tambahan harus dimasukkan dalam perhitungan untuk mengimbangi kehilangan pada saat peleburan. Penambahan dimasukkan 10 sampai 20 % untuk Si dan 15 sampai 30 % untuk Mn.

Prosentase steel bertambah karena pengambilan steel dari kokas. Peningkatan kadar belerang (steel) yang diperbolehkan biasanya 0,1 %.



Gambar 2.2 : Tungku Krusibel

2.2.2. TUNGKU KUPOLA

Dapur kupola adalah dapur yang digunakan untuk melebur besi tuang. Dapur ini berbentuk silindrik tegak, terbuat dari baja dan bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api. Sebagai bahan bakar digunakan kokas (*coke*), dan batu kapur digunakan sebagai fluks, sedang bahan bakunya adalah besi bekas dan seringkali ditambahkan besi kasar

Pengisian dilakukan melalui *charging door* bergantian antara kokas dan besi. Pembakaran terjadi disekitar pipa hembus sehingga di daerah ini akan terjadi percairan besi dan fluks akan bereaksi dengan abu kokas dan impuritas lainnya membentuk terak. Terak akan mengapung di atas besi cair dan berfungsi sebagai pelindung hingga tidak bereaksi dengan lingkungan di dalam kupola.

Cairan akan dikeluarkan secara berkala bila jumlah cairan sudah cukup banyak. Penambahan bahan baku juga dilakukan secara berkala dan dapur dapat bekerja secara kontinu.

Dapur kupola adalah tempat peleburan/pembuatan besi tuang. Pada umumnya digunakan untuk menghasilkan peleburan sehari-hari berdasarkan pada kapasitas dari pabrik (foundry). Kupola - kupola biasanya dioperasikan sepasang, jadi pemeliharaannya bisa diatur untuk yang satu sedangkan yang lainnya tetap beroperasi, demikian seterusnya secara bergantian. Bahan yang diolah adalah besi kasar (pig iron) dan besi rongsokan/potongan-potongan dengan dicampur potongan baja untuk membantu mengontrol kandungan karbon akhir dengan dilusi. Sejumlah kecil batu kapur dicampurkan ke dalam muatan untuk membantu pembentukan terak dan beberapa tambahan yang diperlukan untuk mengatur analisa dari besi biasanya dicampurkan ke dalam ember tuang sewaktu dikeluarkan. Bagian dari mulai pintu pengisian sampai lubang keluar, dibagi menjadi beberapa daerah seperti disebut di bawah ini, sesuai keadaan bahan baku dalam kupola.

- Daerah pemanasan mula: Adalah bagian dari pintu pengisian sampai di tempat dimana logam mulai cair. Selama turun di daerah ini, logam mengalami pemanasan mula.
- Daerah lebur: adalah bagian atas dari alas kokas dimana logam mencair.
- Daerah panas lanjut: Adalah bagian bawah daerah lebur sampai rata. Logam cair dipanaskan lanjut selama turun melalui daerah ini.
- Daerah krus: Adalah bagian dari tuyer sampai dasar kupola. Logam cair dan sebagian kecil terak ditampung di daerah ini. Selain hal tersebut diatas, bagian dalam kupola dibagi menjadi daerah oksidasi dan daerah reduksi, tergantung pada reaksi antara kokas dan gas.
- Daerah oksidasi: dimulai dari tuyer sampai rata

tengah-tengah alas kokas. Dalam daerah ini kokas dioksidasi oleh udara yang ditiupkan melalul tuyer. - Daerah reduksi: Bagian atas dari daerah oksidasi, dimana gas CO₂ yang timbul di daerah oksidasi, direduksi oleh kokas.

2.2.3. Penggolongan Daerah Dalam Kupola

Bagian dari mulai pintu pengisian sampai lubang keluar, dibagi menjadi beberapa daerah seperti disebut di bawah ini, sesuai keadaan bahan baku dalam kupola.

1. Daerah pemanasan mula adalah bagian dari pintu pengisian sampai di tempat dimana logam mulai cair. Selama turun di daerah ini, logam mengalami pemanasan mula.
2. Daerah lebur adalah bagian atas dari alas kokas dimana logam mencair.
3. Daerah panas lanjut adalah bagian bawah daerah lebur sampai rata tuyer. Logam cair dipanaskan lanjut selama turun melalui daerah ini.
4. Daerah krus adalah bagian dari tuyer sampai dasar kupola. Logam cair dan sebagian kecil terak ditampung di daerah ini.

Selain hal tersebut diatas, bagian dalam kupola dibagi menjadi daerah oksidasi dan daerah reduksi, tergantung pada reaksi antara kokas dan gas.

1. Daerah oksidasi: dimulai dari tuyer sampai rata tengah-tengah alas kokas. Dalam daerah ini kokas dioksidasi oleh udara yang ditiupkan melalul tuyer.
2. Daerah reduksi: Bagian atas dari daerah oksidasi, dimana gas CO₂ yang timbul di daerah oksidasi, direduksi oleh kokas.

2.2.4. Kapasitas Peleburan

Kapasitas peleburan dari kupola dinyatakan oleh laju peleburan dalam satuan berat persatuan waktu, umumnya ditulis ton per jam. Kapasitas peleburan dapat berubah tergantung kepada: volume angin, perbandingan muatan besi dengan kokas serta syarat-syarat operasi peleburan lainnya, walaupun diameter kupola sama.

2.2.5. Tinggi Efektif

Tinggi efektif dari kupola adalah tinggi dari pertengahan tuyer (lubang hembus) sampai bagian bawah dari pintu pengisian. Pada daerah ini terjadi pemanasan awal. Karena itu kupola yang tinggi akan efektif untuk pemindahan panas, akan tetapi kupola yang terlalu tinggi cenderung memiliki tahanan besar terhadap aliran gas. Hal ini juga menimbulkan resiko terjadinya peng-hancuran kokas. Syarat-syarat ini perlu dipertimbangkan, sehingga tinggi efektif kupola standar biasanya dikonstruksi berkisar antara empat sampai lima kali ukuran diameter dalam, diukur dari titik tengah tuyer.

2.2.6. Daerah Krus

Daerah krus adalah daerah dari bagian bawah tuyer sampai ke dasar kupola. Daerah krus dari kupola yang mempunyai perapian muka dibuat dangkal, karena tidak difungsikan untuk menyimpan logam cair di dalamnya. Daerah krus dari kupola tanpa perapian muka dibuat dalam. Biasanya ukuran krus dikonstruksi untuk dapat menampung dua atau tiga pengisian. Dalam daerah krus terdapat juga kokas, sehingga volume yang terisi oleh logam cair kira-kira 45 % dari volume

daerah krus. Krus yang besar tidak dikehendaki sebab besi cair menyerap karbon dan belerang dari kokas.

2.2.7. Lubang Cerat dan Lubang Terak

Lubang cerat dan lubang terak dibuat di daerah krus. Bentuk dan susunan dari lubang-lubang ini berbeda menurut cara pengeluaran besi cair dan terak. Pengeluaran besi cair dan terak dilakukan secara berkala. Pada proses ini besi cair atau terak ditampung sementara di dalam krus, kemudian dikeluarkan secara berkala melalui lubang cerat atau lubang terak dengan operasi tangan.

Proses pengeluaran terak yang paling baik adalah dari posisi depan tanur, dimana terak mengalir secara kontinyu bersama logam dari dasar dan sekaligus terak terpisah dari logam cair. Proses ini terbaik karena menghasilkan besi cair dengan kadar unsur-unsur lain terendah.

Proses pengeluaran terak dari belakang: dalam proses ini lubang cerat dan lubang terak dibuat pada tempat yang berlainan sehingga tidak perlu lagi memisahkan terak. Besi yang dikeluarkan secara kontinyu dialirkan kedalam penampung (perapian depan), yang nantinya akan dikeluarkan sejumlah besi sesuai diperlukan.

2.2.8. Tuyer

Tuyer berfungsi menghembuskan udara untuk pembakaran kokas dengan volume dan tekanan yang memadai. Jadi jumlah luas penampang tuyer harus ditentukan secara tepat. Jumlah luas penampang tuyer yang terlalu kecil menyebabkan kecepatan udara terlalu tinggi jadi menurunkan temperatur dari gas

pembakaran. Sebaliknya luas yang terlalu besar menurunkan kecepatan udara dan pembakaran yang seragam tidak tercapai.

Biasanya perbandingan tuyer ini lima sampai enam untuk kupola kecil dan delapan sampai dua belas untuk kupola besar. Jumlah tuyer dipilih secara empirik dalam jumlah genap.

2.3. Pengoperasian Dapur Kupola

Dalam perhitungan harga peleburan, ketahanan lapisan tanur merupakan faktor yang ikut menentukan. Biasanya pengerjaan pelapisan tanur dengan pemadatan biasa ataupun penyemprotan telah mencukupi untuk dipergunakan selama satu rangkaian proses peleburan (7 – 8 jam). Kemudian setelah itu harus dibersihkan dan dilapisi kembali pada bagian-bagian yang terkikis.

Tanur kupola yang dioperasikan menerus hingga beberapa kali rangkaian proses peleburan akan kehilangan lebih banyak lapisan tanur, bahkan terkadang sampai menembus ke mantel tanur. Kerusakan pada mantel ini dapat dihindari dengan pendinginan air dari luar yang disemprotkan secara menerus disekitarnya.

Kebutuhan akan ketahanan lapisan tanur ini tidak dapat diuraikan secara umum saja, karena pengaruh-pengaruh yang timbul di berbagai operasi selalu berbeda. Dalam hal ini hanya dapat diperkirakan, bahwa dari 250 – 300 mm ketebalan lapisan hanya tersisa sekitar 100 – 150 mm ketebalan setelah selesai satu rangkaian operasi. Pengikisan dapat lebih banyak terjadi pada pengoperasian di atas 1500 C (suhu terukur). Ketinggian pengikisan ini tergantung dari letak daerah pencairan.

Hal - hal penting yang mempengaruhi terhadap sebuah ketahanan lapisan adalah :

1. Besar maupun jenis kupola
2. Persiapan tanur (bahan, sistem, cara dan waktu pengeringan lapisan)
3. 3. Pengoperasian kupola (lama operasi ; jumlah batu kapur ; komposisi & jumlah terak ; komposisi & suhu bahan yang dilebur).

2.4. PELAPISAN

Lapisan: Bahan tahan api, bahan tahan api yang dapat dicorkan, atau bahan tahan api penambal dipergunakan untuk lapisan kupola. Operasi dengan lapisan asam memerlukan bahan tahan api schamote, atau silika dan operasi dengan lapisan basa memerlukan bahan tahan api magnesia atau dolomit.

Ketebalan yang dikehendaki dari adonan kira kira 3 sampai 4 mm dan untuk pe-ngikat dipakai air sesedikit mungkin. Kupola yang baru dilapisi, sebaiknya dikeringkan secara alamiah untuk dua atau tiga hari yang kemudian dilanjutkan dengan membakar kokas atau kayu sekurang-kurangnya satu hari satu malam.

Perbaikan biasanya mempersiapkan kupola dimulai dengan memperbaiki lapisan yang telah kena erosi selama pemakaian yang lalu. Mula-mula pintu dasarnya dibuka dan baru tempat-tempat yang terkena erosi diperbaiki setelah bagian dalam dari kupola mendingin. Biasanya perbaikan ini dibatasi pada daerah lebur yang bertemperatur tinggi.

Terak, kokas dan besi yang melekat pada dinding di daerah lebur dibuang dengan pahat atau palu pneumatik sampai bata api asli terlihat. Lapisan diperbaiki dengan bata tahan api atau bahan penambah tergantung pada besarnya erosi, sampai ke ukuran semula. Sebaiknya kadar air pada adukan mortar dan bahan penambah diusahakan sekecil mungkin.

Pada perbaikan tuyer dan lubang cerat, harus diperhatikan ukuran, bentuk dan sudutnya.

Setelah perbaikan dinding dan lubang-lubang selesai, pintu dasar ditutup dan dilapis dengan pasir dasar, yakni: pasir cetak kering ditebarkan di atas pintu dasar setebal 30 sampai 50 mm, kemudian pasir cetak basah dipadatkan di atasnya.

Dasar dibuat miring ke arah lubang cerat dengan kemiringan. Kemiringan ini memberikan hasil baik pada pengeluaran besi cair. Tebalnya pasir dasar sekurang-kurangnya 200 mm dan ditentukan dengan memperhitungkan ukuran kupola dan jam pemakaian.

Pemanasan mula dari kupola: Setelah pelapisan selesai lapisan harus dikeringkan perlahan-lahan. Pengeringan dilakukan dengan membakar alas kokas seperti diuraikan. Lubang dan saluran cerat harus cukup dipanaskan mula dengan membakar kayu alas kokas, atau dengan burner, yaitu untuk mencegah penurunan temperatur pada logam cair yang pertama.

2.5. PERSIAPAN

Penyulutan: Setelah kupola diperbaiki dan dikeringkan, penyulutan harus dilakukan kira-kira tiga sampai empat jam sebelum jadwal waktu pengeluaran. Pada permulaan, sejumlah yang cocok dari kayu bakar ditempatkan di dasar dan dinyalakan dengan membakar kain yang telah diberi minyak alas dengan burner disertai tiupan. Apabila digunakan burner gas khusus untuk penyulutan, alas kokas langsung bisa dinyalakan tanpa kayu bakar. Dengan mempergunakan cara terakhir ini banyak waktu dihemat dibanding dengan cara pertama.

Tiupan mula: Saat api pembakaran telah mencapai bagian alas dari alas kokas, lubang-lubang pengintip ditutup dan tiupan mulai dilakukan selama tiga sampai lima menit. Selama tiupan mula, alas kokas harus diatur sampai mencapai tinggi yang benar, yaitu diukur dari pintu pengisian dengan mempergunakan rantai atau batang baja.

Untuk kupola kecil yang diameternya kurang dari 700 mm, tinggi alas kokasnya 1,5 sampai 1,8 kali diameter dalam, dan untuk kupola besar 1200 sampai 1300mm. Bahan muatan: Jumlah bahan logam sebagai muatan dihitung berdasarkan daftar penyusunan bahan. Berat satu muatan logam disarankan 1/10 sampai 1/15 dari laju peleburan per jam. Jumlah muatan kokas ditentukan berdasarkan angka perbandingan besi terhadap kokas. Jumlah batu gamping sebagai pengikat terak disarankan 25 sampai 35 persen dari berat kokas.

Urutan pemuatan pertama adalah batu gamping, kemudian logam, kokas dan seterusnya. Tetapi urutan pemuatan tidak begitu penting. Yang lebih utama

untuk diperhatikan ialah mencegah pemuatan bahan-bahan yang ukurannya tidak seragam.

2.6. CARA OPERASI

Permulaan dari tiupan: Setelah bahan-bahan dimuatkan sampai mencapai bagian bawah pintu pengisian, logam dipanaskan mula selama 15 sampai 20 menit tanpa tiupan. Pemanasan mula yang terlalu lama menyebabkan turunnya tinggi alas kokas, karena alas kokas terus terbakar. Setelah pemanasan mula, tiupan udara dimulai. Tetesan besi dapat dilihat melalui lubang pengintip tiga atau empat menit setelah tiupan dimulai. Biasanya pembukaan pertama dari lubang cerat dilakukan 20 menit setelah tiupan dimulai.

Logam cair yang pertama mempunyai temperatur rendah dan mempunyai perubahan komposisi yang besar. Karena itu ia tidak dipakai untuk coran. Untuk mendapat logam cair yang bertemperatur tinggi sejak permulaan, perlu dipergunakan alas kokas yang tinggi, tiupan udara yang berlebih atau ditambahkan 1 sampai 2 % kalsium karbid pada muatan kokas yang pertama.

Pencairan dan pengeluaran: Dalam proses-proses pengeluaran terak dari depan dan, dari muka, pengeluaran besi dilakukan secara kontinyu tanpa henti. Terak dari dalam kupola mengalir keluar bersama-sama logam cair tetapi sudah terpisah. Dalam proses pengeluaran terak secara terputus-putus, lubang cerat dibuka setelah waktu tertentu, yaitu apabila jumlah tertentu dari besi cair dan terak telah terkumpul dalam tanur.

Kokas, batu gamping dan logam harus dimasukkan pada waktu-waktu tertentu untuk mengisi kupola sampai bagian bawah dari pintu pengisian. Selama

proses pen-cairan perlu dilakukan pengecekan pada laju pencairan, temperatur besi cair, tekanan angin dan lain-lainnya. Jadi, keadaan tanur, yaitu temperatur, tekanan, tinggi alas kokas dan sebagainya harus diusahakan stabil. Walaupun kupola beroperasi pada angka perbandingan yang cocok antara besi dan kokas, namun dalam pemakaian yang lama akan terjadi penurunan tinggi alas kokas disebabkan erosi pada lapisan dalam tanur di daerah cair. Oleh karena itu agar tinggi alas kokas tetap, maka perlu diisikan kokas tambahan kira-kira satu muatan untuk tiap-tiap satu jam atau satu setengah jam.

Akhir dari waktu operasi: Menjelang akhir operasi, tekanan udara turun disebabkan penurunan tinggi alas kokas.

Oleh karena itu katup udara perlu diturunkan, agar volume angin tetap. Kalau operasi dilanjutkan sampai logam dalam tanur semuanya mencair, hal ini dapat menyebabkan: melekatnya besi pada lapisan dalam tanur karena percikan besi cair, erosi dari bata tahan api, oksidasi dari besi dan lain sebagainya. Oleh karena itu tiupan udara dihentikan sementara dua atau tiga muatan masih berada di atas alas kokas.

Serempak dengan penghentian tiupan udara; lubang intip tuyer dibuka, besi dari terak dikeluarkan dari lubang cerat dan lubang terak. Kemudian pintu dasar kupola dibuka dan isinya dijatuhkan/dikeluarkan di atas landasan pasir yang sudah ditaburkan di bawah kupola.

Apabila isi yang tersisa tidak jatuh/keluar dengan sendirinya, maka proses ini harus dibantu dengan cara menusuk lapisan pasir dasar dengan mempergunakan batang baja. Kesukaran ini biasanya disebabkan karena tanah

lempung yang berlebihan pada pasir dasar, oleh karena itu perlu pengaturan komposisi dari pasir dasar tersebut.

2.7. PERSYARATAN OPERASI YANG SEMPURNA

Dalam peleburan kupola, sifat-sifat besi akan berubah mengikuti perubahan keadaan tanur, walaupun tanur bekerja pada keadaan kontinyu. Oleh karena itu tanur perlu bekerja dengan persyaratan yang cocok, sesuai dengan perubahan keadaannya.

A. Persyaratan untuk pengeluaran dengan temperatur yang tinggi adalah:

1. Tinggi efektif dari kupola
2. Volume angin yang cocok (perbandingan tuyer yang cocok)
3. Mempergunakan kokas yang keras, mengandung sedikit abu
4. Alas kokas yang tinggi
5. Peniupan yang cukup sebelum tanur bekerja secara stabil
6. Muatan kokas yang cukup
7. Ukuran dari berat besi muatan sesuai dengan diameter kupola
8. Laju pencairan yang cocok sesuai dengan diameter kupola.

B. Persyaratan untuk besi bersih tanpa oksida adalah:

1. Alas kokas yang tinggi
2. Muatan kokas yang cukup
3. Ukuran dan berat besi muatan sesuai dengan diameter kupola
4. Mencegah kelebihan volume dan tekanan angin.

C. Persyaratan untuk besi yang homogen dan mempunyai komposisi kimia yang sesuai dengan permintaan adalah:

1. Mempergunakan besi kasar yang baru yang komposisi kimianya diketahui.
2. Pengaturan lebih baik dari sekrap balik dengan penggolongan sekrap.
3. Mempergunakan besi yang cocok dengan diameter kupola.
4. Mempergunakan tuyer yang meniupkan jumlah udara yang sama.
5. Mempergunakan perapian muka.

2.8. Operasi kupola masa sekarang

Untuk memperbaiki produktivitas, maka dalam industri-industri masa sekarang dipergunakan kupola berpendingin air dan kupola angin panas.

2.8.1. KUPOLA BERPENDINGIN AIR

Lapisan di daerah cair diatas tuyer adalah bagian yang paling banyak mengalami erosi, dan apabila terjadi erosi yang sangat kuat, sehingga dinding baja terpanaskan dan menjadi merah, maka operasi harus dihentikan. Erosi lapisan kupola yang berlebihan akan membutuhkan waktu perbaikan yang lama. Karena alasan-alasan tersebut, maka secara umum sekarang banyak dipergunakan kupola dengan pendinginan air, terutama pendinginan di daerah cair.

Dipergunakan dua jenis kupola dengan pendinginan air, yaitu jenis pertama mem-pergunakan selubung air dan jenis kedua mempergunakan semprotan air pada bagian luar dinding baja. Pada pendinginan dengan selubung air, dinding baja didinginkan secara merata dengan mempergunakan selubung

pendingin yang terpisah. Pendinginan dengan selubung air biasanya dipergunakan untuk kupola ukuran kecil. Pada pendinginan dengan semprotan air, dinding baja harus tertutup lapisan air secara merata. Kupola macam ini memerlukan dinding baja yang lebih tebal di atas 10 mm, sehubungan dengan konduktivitas termal dan kekuatan mekanis. Cara pendinginan tersebut dipergunakan pada kupola yang ukuran besar.

Keuntungan dari kupola berpendingin air adalah memungkinkan operasi yang lama dan memungkinkan pekerjaan perbaikan yang sedikit. Selain hal tersebut fluktuasi dari komposisi besi menjadi kecil disebabkan oleh keadaan tanur yang stabil karena erosi lapisan yang sedikit.

Sekarang kupola yang didinginkan dengan air dipakai dengan mempergunakan lapisan kira-kira 2 atau 3 cm atau tanpa lapisan. Agar dapat membatasi pembakaran di daerah yang dikonsentrasikan dan untuk mencegah kehilangan panas yang berlebihan, maka beberapa kupola mempergunakan tuyer tembaga yang didinginkan dengan air.

2.8.2. OPERASI TIUPAN UDARA PANAS

Kupola yang biasa, dioperasikan dengan mempergunakan tiupan udara dingin dimana temperturnya sama dengan temperatur udara luar. Tetapi sekarang beberapa kupola mempergunakan udara yang dipanaskan mula, penggunaan itu disebut "operasi tiupan udara panas". Udara yang dipanaskan mula akan meningkatkan temperatur di dalam kupola dan keuntungannya adalah sebagai berikut:

- a. Menaikkan temperatur besi cair.

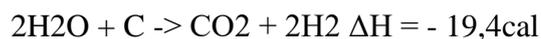
- b. Menurunkan perbandingan besi dan kokas pada temperatur tertentu.
- c. Menurunkan kehilangan unsur-unsur silikon, mangan, besi dan lainnya, karena oksidasi.
- d. Memungkinkan untuk mempergunakan bahan logam yang berkualitas rendah dan ongkos bahan yang lebih sedikit.
- e. Meningkatkan laju pencairan.

Ada tiga macam cara memanaskan udara: pertama mempergunakan panas yang terdapat dalam gas buang dari kupola, kedua mempergunakan panas pembakaran dari gas CO yang terdapat pada gas kupola dan ketiga mempergunakan sumber panas dari luar, yaitu panas dari pembakaran gas atau minyak. Temperatur udara panas-mula hasil sistem pertama adalah 150°C hingga 200°C dan pengaruhnya tidak begitu terlihat. Temperatur udara panas hasil sistem kedua adalah 350 hingga 500°C dan pengaruhnya besar sekali.

2.8.3. OPERASI TIUPAN DENGAN PENURUNAN KELEMBABAN

Uap air dalam udara masuk ke dalam kupola dan menurunkan temperatur besi cair yang menyebabkan cacat tuangan. Alasannya adalah sebagai berikut:

Uap air dari udara bereaksi dengan kokas



Reaksi ini adalah reaksi endotermik dan karenanya panas dari pembakaran kokas aterbuang untuk reaksi tersebut. Pengaruhnya ialah menurunkan

temperatur, memperluas daerah oksidasi, dan menyebabkan oksidasi pada waktu pencairan.

Agar dapat menghilangkan pengaruh buruk tersebut perlu dilakukan penurunan kelembaban udara yang ditiupkan. Di bawah ini adalah penanggulangan yang banyak dipakai untuk proses tersebut dalam kupola:

- a) Penurunan kelembaban dengan slika gel (padat),
- b) Penurunan kelembaban dengan litium khlorida (larutan),
- c) Penurunan kelembaban dengan refrigerasi

A. Peleburan

- Lubang pengintip ditutup.
- Secara bertahap angin dihembuskan hingga 100% menurut konstruksi (90 – 130 m³/m²/menit).
- Pengamatan terhadap proses peleburan melalui lubang pengintip.
- Koreksi alas kokas bila diperlukan.
- Perhatikan suhu cairan yang keluar dari lubang tap, bila suhu yang diinginkan tercapai, lubang tap disumbat.
- Weker disetting 10 menit.
- Pengamatan proses peleburan melalui lubang pengintip.
- Setelah 10 menit tapping (pengeluaran cairan), hitung waktu dengan stopwatch, perhatikan:
 - Hembusan dimatikan/lubang angin ditutup
 - Lubang pengintip dibuka

- Lubang tap kembali disumbat segera setelah tampak terak ikut keluar.

Catat berapa detik waktu pengeluaran.

- Hembusan kembali dihidupkan dan lubang pengintip ditutup.
- Proses kembali berulang.

B. Pembuangan terak

Pembuangan terak dilakukan bila :

- Kecepatan naik cairan hingga lubang pengintip tinggi.
- Cairan besi yang muncul ketika tapping hanya sedikit.
- Proses pembuangan terak berlangsung sebagai berikut :
- Hembusan dimatikan/lubang angin ditutup.
- Lubang pengintip dibuka.
- Lubang terak dibuka, perhatikan bahwa bila lubang ini buntu, maka pelubangan dengan oksigen sangat dilarang, karena O₂ akan mengakibatkan terak berbuih dan memui memenuhi seluruh daerah peleburan sehingga ketika kemudian membeku akan mengikat muatan untuk tetap di bagian atas tanur(hanging).
- Ketika aliran terak tidak lagi deras, lubang pengintip ditutup, lubang angin dibuka dan angin dihembuskan.
- Perhatikan bahaya karena terak akan menyembur dasyat.
- Ketika semburan sudah berakhir, hembusan kembali dimatikan serta lubang terak ditutup dengan pasir cetak.
- Peleburan dimulai kembali.

C. Mengakhiri operasi

- 15 – 20 menit setelah muatan terakhir, kurangi jumlah angin hingga 50%. Hal ini dilakukan karena jumlah muatan yang ada di dalam tanur pun tinggal sedikit.
- Taping bersih, termasuk terak dibiarkan keluar melalui lubang taping.
- Angin dimatikan, ingat dalam keadaan tidak ada angin, lubang pengintip harus dibuka.
- Landasan berengsel dibuka, kokas sisa (alas kokas) akan segera jatuh dan dalam keadaan membara.
- Kokas segera dipadamkan dengan semprotan air. Tahap ini tidak boleh terlambat dilakukan, karena panas dari bara kokas dapat melelehkan kaki tanur.
- Terak Sebagai Alat Kontrol Peleburan
- Terak kupola adalah alat kontrol yang sederhana namun cukup dapat dijadikan dasar peleburan, bahkan dari hanya bentuk terak sudah dapat diambil keputusan-keputusan penting untuk mengoptimalkan peleburan.
- Dasar untuk dapat mengenali terak adalah :
- Terak asam tampak lebih menyerupai gelas dibandingkan dengan terak basa.
- Terak basa lebih membatu serta memiliki pori-pori yang besar (keropos kokas) ketika beku.
- Warna terak yang lebih terang menandakan peleburan yang lebih baik.
- Cara pengambilan contoh terak yang sederhana adalah dengan menampung aliran terak sedikit dengan sekop.

2.9. Pengamatan Terak

Aliran terak menandakan :

- Aliran tenang : viskositas diharapkan, operasi optimal.
- Aliran berbuih : operasi terganggu.

Dengan memperhatikan serat terak, dapat disimpulkan :

- Serat panjang : terak asam -> operasi kupola asam.
- Serat pendek : terak basa -> operasi kupola basa.

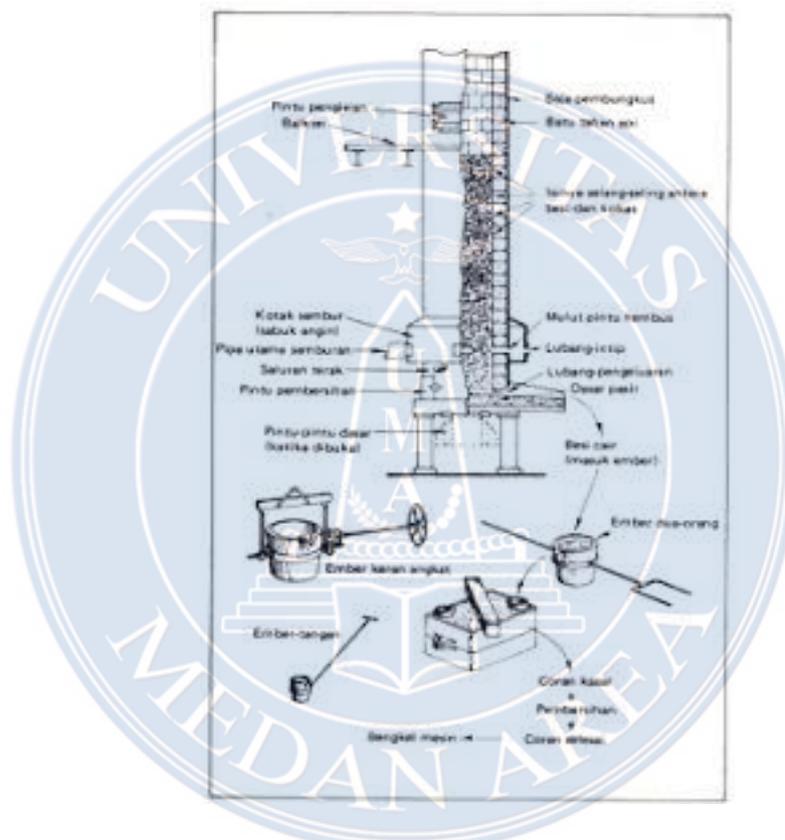
Ciri pengoperasian melalui warna terak kupola asam :

- Hitam -> buruk, teroksidasi
- Coklat tua -> buruk, teroksidasi
- Hijau tua -> kurang optimal
- Hijau botol -> baik
- Kuning tua/gelap -> baik
- Coklat -> buruk, terlalu banyak batu kapur

Ciri pengoperasian melalui warna terak kupola basa :

- Hitam -> buruk, muatan kokas maupun logam serta temperatur perlu diperiksa ulang.
- Coklat tua -> buruk, muatan kokas maupun logam serta temperatur perlu diperiksa ulang
- Abu-abu muda -> baik
- Coklat buram -> baik\

1. Tungku ini terdiri dari suatu saluran/bejana baja vertical yang didalamnya terdapat susunan bata tahan api
2. Muatan terdiri dari susunan atau lapisan logam, kokas dan fluks
3. Kupola dapat beroperasi secara kontinu, menghasilkan logam cair dalam jumlah besar dan laju peleburan tinggi biasanya digunakan untuk melebur Besi Cor (Cast Iron)



Gambar 2.2.1 Tungku Kupola

2.16 . Batu Tahan Api

Dibawah ini adalah bahan – bahan yang digunakan dalam bahan perancangan tungku peleburan antara lain :



Gambar 2.2.4 : Batu Bata Tahan Api

Batu tahan api yang umum digunakan untuk dapur peleburan jenis crucible adalah batu tahan api yang memiliki sifat-sifat.

1. Tidak melebur pada suhu yang relatif tinggi.
2. Sanggup menahan lanjutan panas yang tiba-tiba ketika terjadi pembebanan suhu.

Bahan tahan api diklasifikasikan dalam beberapa jenis, yaitu golongan basa, asam, dan netral. Pemilihan ini tergantung pada jenis dapur apa yang akan digunakan.

Adapun bahan - bahan dari batu tahan api ini adalah :

1. Bahan Tahan Api Jenis Asam
 - a. Biasanya terdiri dari pasir silika dan tanah liat tahan api (*fire clay*). Silika adalah bentuk murni melebur pada suhu 1710°C. bahan tahan api ini terdiri dari hidrat alumunia silika ($Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$).

2. Bahan tahan api jenis basa

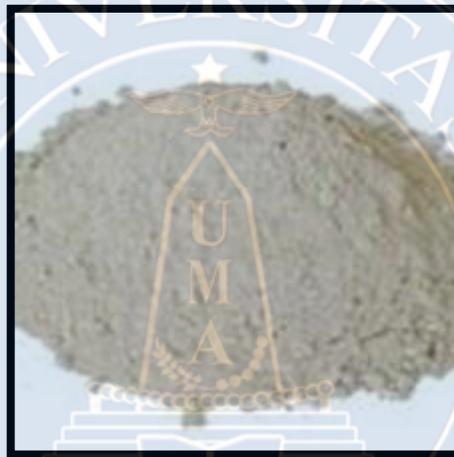
Biasanya terdiri dari magnesia, clionie magnesia, dan dolomite magnesia. Bahan ini mempunyai titik lebur tinggi dan baik untuk mencegah korosi, bahan-bahan ini terdiri dari 20-30% MgO dan 70-80% Cliromite dolomite yang terdiri dari kalsium karbonat dan magnesia (CaCO_3 , MgCO_3), Dolomite stabil yang terdiri dari CaCO_3 , SiO_3 , dan MgO adalah batu tahan api yang lebih baik dari pada dolomite biasa sehingga lebih tidak mudah retak. Jadi karakteristik dari bahan batu batadari dapur ini yaitu:

1. 1. Bahan penyekat panas : Batu bata Deli Clay
 - Titik cair : 1400°C atau 1983 K
 - Konduktivitas Panas : $0,69 \text{ W/m}^\circ \text{C}$
 - Berat Jenis : $2,1 \text{ g/cm}^3$
2. Bahan Pengikat : Semen Tahan Api
 - Titik Cair : 1400°C atau 1983 K
 - Kodoktivitas panas : $1,16 \text{ W/m}^\circ \text{C}$
 - Berat Jenis : $1,5 \text{ g/cm}^3$

Batu bata silika merupakan suatu refraktori yang mengandung paling sedikit 93 % SiO_2 . Bahan bakunya merupakan batu yang berkualitas. Batu bata silika berbagai kelas memiliki penggunaan yang luas dalam tungku pelelehan besi dan 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 dan slag, stabilitas volum dan tahanan spalling tinggi.

2.17. Semen Tahan Api



Gambar 2.2.5 : Semen tahan api

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur (CaO), silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), ferro oksida (Fe_2O_3), magnesit (MgO), serta oksida lain dalam jumlah kecil. Bahan pengikat berfungsi untuk mengikat batu bata tahan api, serta untuk menutup celah yang terjadi dari penyusunan batu bata. Bahan pengikat yang dipakai ini adalah semen tahan api yang juga dapat

menambah ketahanan bahan tahan api terhadap suhu tinggi. Refraktori semen tahan api, seperti batu bata tahan api, semen tahan api silica dan refraktori tanah liat alumunium dengan kandungan silika (SiO_2) yang bervariasi sampai mencapai 78% dan kandungan Al_2O_3 sampai mencapai 44%.

2.18. Tanah Liat.



Gambar 2.12 : Tanah Liat

Tanah Liat merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai wadah cetakan untuk membuat bentuk atau dimensi yang diinginkan. Pada tahap ini logam sudah dalam keadaan cair lalu logam cair tersebut akan dituangkan ke dalam cetakan yang didalamnya terdapat tanah liat.

2.19.Langkah - Langkah Mengoperasikan Tungku

Langkah Pertama :

1. Meramu kayu bakar dan bahan – bahan lainya didalam tungku kurang lebih tingginya setengah dari tinggi tungku.
2. Diatas kayu bakar di tambahkan arang kayu kurang lebih sebanyak 10 kg.
3. Diatas arang kayu ditambahkan lagi batu bara (kokas) kurang lebih sebanyak 60 kg.
4. Diatas batu bara (kokas) di tambahkan juga batu kapur kurang lebih sebanyak 2 kg.

Pada tahap ini pastikan semua bahan telah masuk kedalam dapur (tungku) yang bertujuan untuk menghasilkan bara api yang baik selama proses peleburan berlangsung. Lalu setelah semua bahan - bahan tercampur hidupkan tungku (dapur) dengan menggunakan minyak sebagai tahap awal untuk membakar bahan – bahan yang berada didalam tungku (dapur) tersebut. Selama proses pembakaran berlangsung perlu diketahui bahwa tujuan dari pembakaran ini ialah untuk menghasilkan bara api dari batu bara. Dalam fase ini untuk menghasilkan bara api dari kokas tersebut dibutuhkan waktu yang cukup lama selama proses pembakaran berlangsung, kurang lebih waktu yang dibutuhkan ialah selama 2 jam. Kokas harus dalam keadaan hidup sempurna yang bertujuan untuk memudahkan proses selanjutnya.

Langkah kedua :

Setelah batu bara (kokas) sudah menjadi bara, maka secara otomatis kayu bakar dan bahan – bahan lainnya sudah habis terbakar menjadi abu. Dan secara

langsung kokas akan turun diatas batu kapur. Pada tahap selanjutnya ialah menghidupkan blower agar sisa – sisa pembakaran (abu) dari proses pembakaran pertama keluar dari tungku dengan tujuan untuk menghindari kandungan bahan – bahan yang tidak di inginkan yang dapat mengganggu proses peleburan. Pada tahap ini biarkan beberapa saat sampai dapur (tungku) benar - benar bersih dari abu kayu. Setelah dapur bersih dari abu kayu maka masukan logam yang ingin dileburkan kedalam tungku dan tambahkan lagi kokas sebanyak 7 kg dan batu kapur sebanyak 10 kg. Perlu diketahui bahwa proses ini dilakukan secara berulang – ulang sampai mendapatkan logam cair yang di inginkan.

Proses pencairan pertama akan berlangsung selama kurang lebih 30 menit dan menunggu hingga dapur penuh selama 15 menit. Setelah penuh, dapur (tungku) kita tunggikan agar cairan logam tersebut keluar dan ditampung di ladel, selanjutnya logam cair tersebut dituangkan ke dalam cetakan.

2.20. Efek yang ditimbulkan pada pengecoran, bila peleburan logam tidak ditangani dengan baik :

1. Sifat fisis, mekanik, dan sifat lain tidak sesuai dengan standar yang kita inginkan sehingga hasil coran tidak sempurna.
2. Sifat mampu bentuk dari hasil coran tidak memenuhi standar.
3. Benda coran yang di hasilkan bisa rusak.

2.21. Jenis-jenis bahan bakar.

2.21.1. Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair seperti minyak tungku/furnace oil, minyak diesel ringan, minyak tanah dan low sulphur heavy stock yang banyak digunakan dalam dunia industri.

Tabel 1. Nilai kalor kotor (GCV) untuk beberapa bahan bakar minyak (diambil dari Therax India Ltd.)

Bahan Bakar cair	Nilai Kalor (kKal/kg)
Minyak Tanah	11.100
Minyak Diesel	10.800
L.D.O	10.700
Minyak tungku	10.500
LSHS	10.600

2.21.2. Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat identik dengan batubara, batubara klasifikasi menjadi tiga jenis yaitu antracit, lignit dan bituminous, meskipun batasnya tidak terlalu jelas. Antracit merupakan batubara tertua jika dilihat dari sudut pandang geologi, yang merupakan batubara keras, tersusun dari komponen utama karbon dengan sedikit kandungan bahan yang mudah menguap dan hampir tidak berkadar air. Lignit merupakan batubara termuda dilihat dari pandangan geologi.

Tabel 2. Pengelompokan batubara India berdasarkan nilai kalornya adalah sebagai berikut (diambil dari Therax India Ltd.):

KELAS	Kelas kisaran Nilai kalor (dalam kKal/kg)
A	Lebih dari 6200
B	5600-6200
C	4940-5600
D	4200-4940
E	3360-4200
F	2400-3360
G	1300-2400

Komposisi kimiawi batubara berpengaruh kuat pada daya pembakarannya. Sifat-sifat batu bara secara luas diklasifikasikan kedalam sifat fisik dan sifat kimia.

2.21.3. Bahan Bakar Gas

Bahan bakar gas merupakan bahan bakar yang sangat memuaskan sebab hanya memerlukan sedikit *handling* dan sistem *burner* nya sangat sederhana dan hampir bebas perawatan

Tabel 3. Sifat-sifat fisik dan nilai kalor bahan bakar gas (diambil dari Therax India Ltd.)

Bahan Bakar Gas	Nilai kalor (kKal/Nm³)	Suhu Nyala Api (°C)	Kecepatan Nyala(m/s)
Gas	9350	1954	0,290
Propana	22200	1967	0,460
Buatan	28500	1973	0,870

2.22. Metode Perencanaan

Metode perencanaan tungku pengecoran harus memiliki kriteria pengoprasian mudah, ekonomis dan performasinya bagus, adapun langkah-langkah yang digunakan pada metode ini adalah sebagai berikut :

A). Operasional Mudah

1. Tahan panas sampai suhu 1500 °C
2. Kapasitas sampai 150 kg
3. Perawatan dan perbaikan yang murah
4. Pengopersian yang mudah
5. Dapat digunakan sesuai keinginan.

B). Performansi yang baik :

1. Ukuran coran sesuai yang diinginkan
2. Proses peleburan logam cenderung stabil

C). Ekonomis

1. Konstruksi sederhana
2. Bahan murah
3. Pembuatan mudah/simpel

2.23. Analisis Perhitungan dan Dimensi

Contoh perhitungan yang digunakan dalam menentukan dimensi tungku diambil logam ferro, dan kebutuhan kalor untuk peleburan logam diasumsikan berdasarkan penjelasan rumus sebagai berikut :

$Q_{total} = \text{Kalor untuk menaikkan suhu kamar menjadi suhu cair logam} + \text{kalor untuk mencairkan logam} + \text{kalor untuk menaikkan suhu dari } 660^{\circ}\text{C} \text{ sampai } 9000^{\circ}\text{C} = Q_1 + Q_2 + Q_3.$

Dimana :

$$Q_1 = M C_p \Delta T_1, Q_2 = m.H, Q_3 = m C_p \Delta T_2'$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

2.22. Proses Pengecoran Logam

Dalam proses pengecoran logam, ada beberapa tahapan yang harus dilaksanakan untuk menghasilkan sebuah produk cetakan dari logam. Sebelum menuju proses pengecoran, terlebih dahulu perlu kita ketahui pengertian dari pengecoran itu sendiri. Pengecoran adalah proses pembuatan benda kerja dari logam, dengan cara memanaskan logam hingga melebur atau meleleh yang kemudian dituangkan ke dalam cetakan. Bahan – bahan logam yang akan dilebur

dipanaskan dalam dapur pemanas dengan temperatur tertentu hingga mencair atau melebur

Dalam proses pengecoran, ada 3 tahapan yang harus dikerjakan, yaitu : persiapan alat dan bahan; proses pengecoran dan evaluasi. Yang dimaksud dengan evaluasi di sini adalah evaluasi terhadap benda kerja hasil cetakan, mengenai kemungkinan terjadinya cacat pada benda hasil cetakan. Berikut uraian singkat dari ketiga tahapan tersebut,

Pertama, persiapan alat dan bahan. Alat dan bahan yang harus disiapkan yaitu,

a. Pasir untuk cetakan.

Dalam proses pengecoran, pasir berfungsi untuk membuat cetakan benda kerja yang akan dibuat. Pasir yang digunakan tidak sembarangan, melainkan harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik yang diinginkan dalam proses pengecoran. Pasir yang digunakan harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Pasir harus bersifat permeabilitas.

Yaitu, pasir mampu atau memiliki celah udara keluar ketika pasir dipadatkan dan mendapatkan tekanan dari logam cair yang dituangkan pada cetakan pasir. Ketika logam cair dituangkan ke cetakan pasir, akan memberikan tekanan udara untuk keluar, jika udara tersebut tidak dapat keluar melalui celah – celah pasir, maka dapat menyebabkan cacat pada benda cetakan.

2. Pasir harus memiliki titik lebur yang tinggi.

Cairan logam yang dituangkan ke dalam cetakan pasir, memiliki temperatur yang tinggi, apabila pasir tidak memiliki titik lebur tinggi

(lebih rendah dari titik lebur logam), maka pasir cetakan akan ikut larut dengan logam cair yang dituangkan. Cetakan pasir yang semula padat akan larut dengan logam cair, sehingga dapat menyebabkan cacat pada hasil cetakan.

b. Menyiapkan pola benda kerja (benda tiruan).

Pola benda dibuat sama dengan benda kerja yang akan dicetak, tetapi pada pola ukurannya dibuat lebih besar sekitar 5 % dari ukuran benda yang akan dibuat. Misalnya, jika kita akan mencetak benda yang ukuran panjangnya 10 mm, maka pada pola panjangnya dibuat sebesar 10,5 mm. Hal ini dilakukan untuk menghindari penyusutan pada benda hasil pengecoran.

Pola benda tiruan dapat dibuat dari logam, kayu atau plastik. Namun, dari masing – masing bahan memiliki kelebihan dan kelemahan masing – masing. Untuk pola yang terbuat dari kayu dan plastik, proses pembuatannya lebih mudah dan biaya pembuatannya pun juga lebih murah. Namun, pola yang terbuat dari kayu atau plastik hanya dapat digunakan untuk produksi benda dalam jumlah yang relatif sedikit atau non massal. Hal ini disebabkan ketika pola ditekan pada pasir dengan cara dipukul, maka pola ini akan rusak atau pecah, karena kurang kuat. Sedangkan pola yang terbuat dari logam, proses pembuatannya sedikit lebih rumit dan biayanya agak mahal. Namun, pola yang terbuat dari logam ini dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih panjang, biasanya untuk produksi massal, karena pola dari logam lebih kuat dibandingkan dengan pola yang terbuat kayu atau plastik.

c. Menyiapkan rangka cetakan.

Rangka cetakan ini terbuat papan kayu, yang terdiri dari bagian cup dan drag. Cup adalah papan bagian atas, sedangkan drag adalah papan bagian bawah. Pada sisi luar, antara cup dan drag diberi pengunci, dengan maksud untuk menghindari terjadinya gerakan atau geseran antara cup dan drag. Apabila rangka ini bergeser ketika antara cup disambung (ditumpuk) di atas drag, maka cetakan pasir dalam rangka akan rusak.

d. Menyiapkan dapur pemanas atau tungku.

Dapur pemanas ini berfungsi untuk melebur logam yang akan dicetak. Dapur pemanas terdiri dari tungku (tempat peleburan logam) dan dapur pembakaran. Bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran bermacam – macam, ada yang menggunakan tenaga listrik, yang sistemnya menyerupai seterika listrik, serta ada juga yang menggunakan bahan bakar minyak dan gas sebagai bahan bakarnya.

e. Menyiapkan bahan logam yang akan dilebur.

Peleburan logam dapat dilakukan untuk bermacam – macam logam, seperti : besi; baja; aluminium; baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium); paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium); serta paduan lain seperti paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), hasteloy (paduan yang mengandung molibdenum, khrom dan silikon).

Tahapan kedua, yaitu pengecoran logam. Pada tahap ini hal yang harus dilakukan adalah :

- a. Membuat cetakan benda yang akan dicetak pada pasir. Dilakukan dengan cara memadatkan pasir pada rangka cetakan, menekan pasir yang sebelumnya telah ditanami pola benda tiruan. Pasir ditekan dan dipukul agar padat, sehingga cetakan pasir tidak rusak dan ikut larut ketika logam cair dituangkan.
- b. Menggabungkan cup dan drag, dengan catatan posisi cup dan drag harus benar – benar tepat dan pas tidak boleh bergeser.
- c. Membuat saluran masuk untuk menuangkan logam cair pada cetakan pasir.
- d. Proses peleburan logam. Logam – logam yang akan dilebur dimasukkan ke dalam dapur pemanas, dan dipanaskan sampai temperatur tertentu, hingga logam tersebut benar – benar melebur atau meleleh.
- e. Tuangkan logam cair tersebut ke dalam cetakan pasir yang telah dibuat sebelumnya melalui saluran masuk. Ketika menuangkan logam cair, jangan terlalu tinggi dari cetakan pasir karena dapat menyebabkan temperatur logam cair tersebut berkurang.
- f. Biarkan cetakan mengeras, tunggu sekitar 10 sampai 15 menit, tergantung dari besar besar – kecilnya dan tebal – tipisnya benda yang dibuat.
- g. Bongkar cetakan pasir dari kerangka, ambil benda hasil pengecoran dan bersihkan pasir yang masih menempel, kemudian potong saluran masuk tempat penuangan cairan dan haluskan dengan garinda.

Pada tahap akhir proses pengecoran adalah evaluasi. Evaluasi di sini maksudnya adalah menganalisa benda kerja hasil pengecoran. Yang perlu dianalisa adalah terjadinya cacat yang mungkin terjadi selama proses pengecoran. Prosesnya yaitu mengamati benda hasil pengecoran, mencari cacat yang terjadi,

mencari penyebab cacat yang terjadi selama proses pengecoran, serta memberikan penyelesaian cara mengatasinya. Evaluasi ini dilakukan untuk dapat digunakan sebagai antisipasi pada proses pengecoran berikutnya agar tidak terjadi lagi kesalahan atau cacat pada benda hasil pengecoran.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat

NO	KEGIATAN	MINGGU							TEMPAT
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	Desain alat uji Penelitian								LABORATORIUM UNIVERSITAS MEDAN AREA
2	Pembuatan alat uji								
3	Pengambilan Data								
4	Analisa Data								
5	Pembahasan								

3.2 Bahan dan alat.

Dalam proses pengecoran logam, ada beberapa tahapan yang harus dilaksanakan untuk menghasilkan sebuah produk cetakan dari logam. Sebelum menuju proses pengecoran, terlebih dahulu perlu kita ketahui pengertian dari pengecoran itu sendiri. Pengecoran adalah proses pembuatan benda kerja dari logam, dengan cara memanaskan logam hingga melebur atau meleleh yang kemudian dituangkan ke dalam cetakan. Bahan – bahan logam yang akan dilebur dipanaskan dalam dapur pemanas dengan temperatur tertentu hingga mencair atau melebur.

Dalam proses pengecoran, ada 3 tahapan yang harus dikerjakan, yaitu : persiapan alat dan bahan; proses pengecoran dan evaluasi. Yang dimaksud dengan evaluasi di sini adalah

evaluasi terhadap benda kerja hasil cetakan, mengenai kemungkinan terjadinya cacat pada benda hasil cetakan. Berikut uraian singkat dari ketiga tahapan tersebut, Pertama, persiapan alat dan bahan. Alat dan bahan yang harus disiapkan yaitu,

3.2.1 Bahan.



Gambar 3.1: Pasir silika

- Cetakan logam



Gambar.3.2: Cetakan.



Gambar 3.3: Logam Bekas

3.2.2 Alat

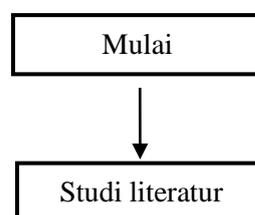


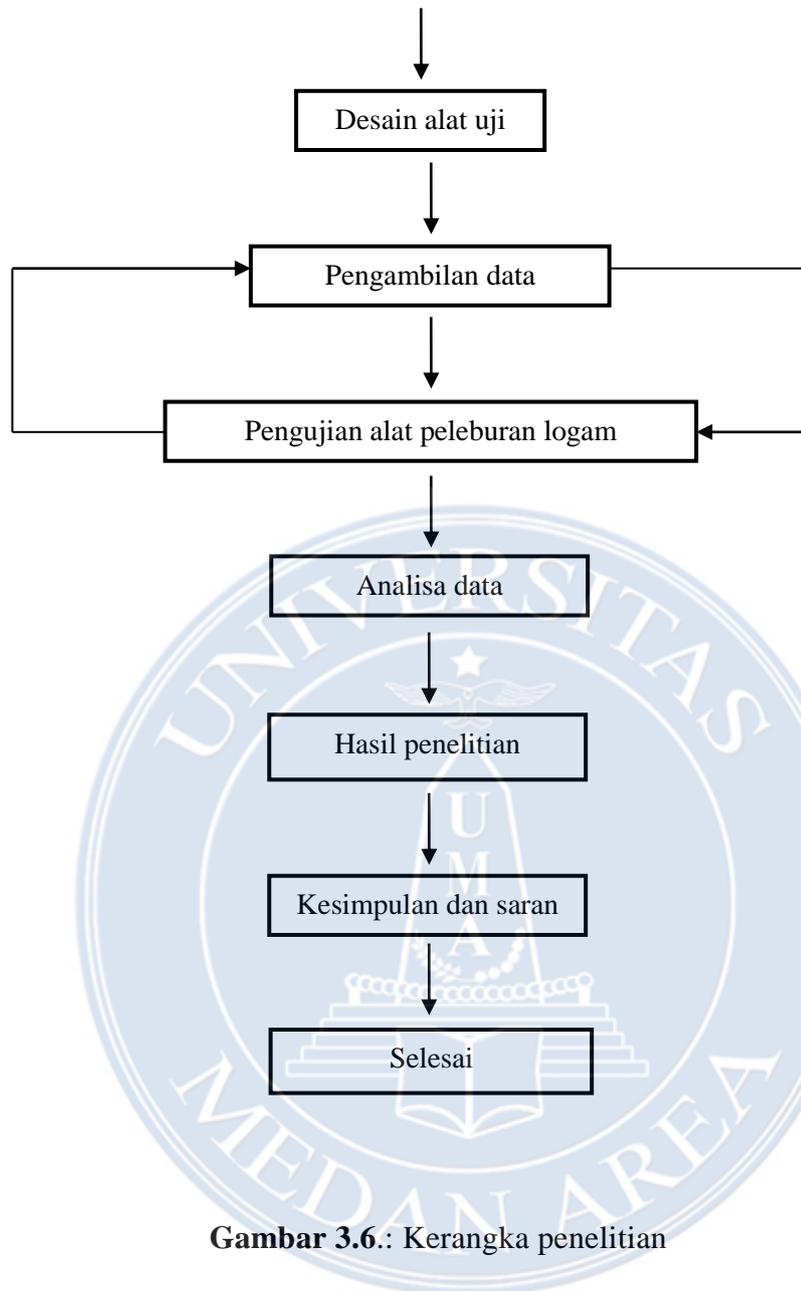
Gambar 3.4 : Sekrap



Gambar 3.5 : Tampung logam cair

3.3. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.6.: Kerangka penelitian

3.4. Keterangan diagram alir

Penelitian dimulai pada tahap proses pengerjaan akan dilaksanakan, dan bahan-bahan dibutuhkan untuk pengerjaan skripsi ini akan dikumpulkan untuk dikerjakan. Dilanjutkan dengan studi literatur, studi literature dilakukan dengan . pengumpulan refrensi

– referensi mengenai materi yang berhubungan dengan proses perancangan tungku logam. Literature – literatur tersebut didapatkan dari buku referensi, internet, artikel dan pare – pare. Kemudian dilakukan riset dan pengumpulan data spesifikasi perancangan tungku logam yang digunakan sebagai data awal dalam melakukan proses perhitungan. Dan kemudian dilanjutkan dengan analisis data meliputi perhitungan dengan menggunakan data – data, lalu dimasukkan ke dalam rumus kemudian dihitung sehingga akan mendapatkan hasil yang kita inginkan. Pada akhir penelitian ini, akan dibuat kesimpulan dari proses perhitungan serta hasil yang telah dilakukan. Kesimpulan berisi jawaban dari hasil proses perhitungan dan tujuan analisa seperti yang tertulis pada bab 1. Pada akhir bagian ini juga terdapat saran penulis tentang analisa hasil perhitungan ini, sehingga tulisan ini dapat lebih bermanfaat bagi setiap kalangan.

Tahap pengerjaan skripsi selesai dilaksanakan dengan hasil-hasil yang didapatkan sesuai dengan analisa dan tujuan pengerjaan skripsi, dan kiranya hasil skripsi ini bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perancangan dan data-data tersebut maka diperoleh kesimpulan bahwa tungku tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Jenis dapur

- Dapur yang digunakan adalah dapur pelebur jenis kupola
- Sumber Panas yang digunakan oleh dapur untuk mencairkan logam besi berasal dari api dengan bahan bakar kokas

2. Kapasitas

- Kapasitas peleburan 150 kg

3. Dimesi dapur

- Tinggi tungku : 1700 mm
- Lebar Tungku : 560 mm
- Panjang dudukan tungku : 1500 mm
- Lebar dudukan tungku : 710 mm
- Tinggi kaki penahan tungku : 820 mm
- Celah segi empat pada bagian atas sebagai lubang memasukan bahan – bahan peleburan dengan ukuran 400 x 400 mm.
- Celah segi empat pada bagian bawah sebagai lubang pembuangan sisa – sisa
- kedalaman tungku peleburan : 1200 mm

6. Bahan Pengikat

- Jenis semen tahan api

7. Kebutuhan kalor

- Kalor yang diserap dapur : 359295,004 kj
- Laju aliran kalor : 6939,042 kj

8. Waktu peleburan

- Pemanasan pemula : 1 jam
- Waktu total peleburan : 25 menit

9. Kebutuhan bahan Bakar

- Banyaknya bahan bakar yang digunakan 25 kg kokas

10. Dengan adanya perencanaan dengan pemakaian bahan bakar, pemilihan bahan yang tepat serta pemakaian penyekat panas maka efisiensi serta keselamatan kerja pada saat pengoperasian dapur pelebur ini lebih dapat ditingkatkan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan bahwa dapat disimpulkan tungku tersebut dapat beroperasi dengan baik dengan perkiraan suhu peleburan antara 700°C – 9000°C .

Dari hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tungku yang dirancang dapat digunakan untuk melebur logam dengan laju peleburan 150 kg logam, acrap per jam dan laju konsumsi bahan bakar sebesar 40 kg bahan bakar 3 jam.

5.2. Saran

1. Berdasarkan hasil pengamatan bahwa diperlukan juga peralatan keselamatan jiwa selama mengoperasikan tungku ini yaitu seperti : sarung tangan, sepatu bot, kaca mata, dan lain – lain.
2. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan bahwa diperlukan juga alat ukur penunjuk suhu pada tungku tersebut yang bertujuan untuk mengetahui suhu pada saat peleburan terjadi.
3. Besarnya laju pembakaran bahan bakar ini lebih besar jika dibandingkan dengan tungku peleburan berbahan bakar solar berbahan bakar oli bekas yang dan tungku peleburan berbahan bakar minyak tanah.
4. Besarnya kebutuhan bahan bakar untuk melebur logam adalah sebesar 40 kg baban bakar per kg logam scrap.
5. Apabila anda ingin melakukan survey dilapangan gunakanlah safety-safety yang diperlukan pada waktu penelitian, karena sangat rawan akan bahaya.
6. Hati-hati terhadap percikan cairan yang ada di dalam tanur, bisa mengakibatkan luka bakar ditubuh kita apabila kita terkena.

7. Bandingkanlah selalu hasil laporan yang anda peroleh di lapangan dengan teori yang ada di buku.

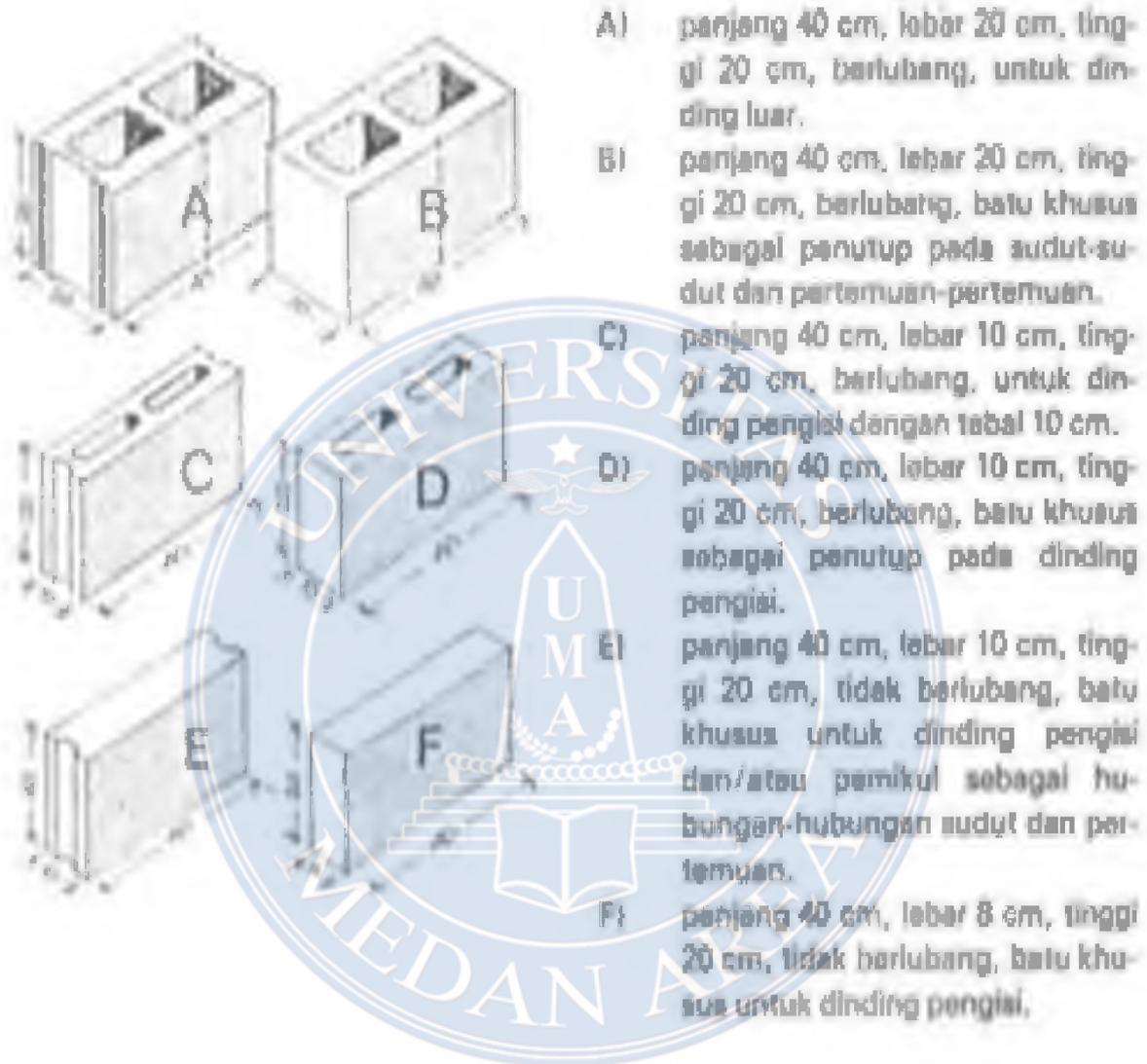


DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, syamsyul, 1976, *Ilmu logam*, Jilid I, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Sahlan, M.Sc, Ir; 2003; *Disain Model Tungku Krus Untuk Peleburan Logam Non-fero Dengan Penguatan Anchor pada Tutupnya Untuk IKM Logam Tanjung Batu*, Ogan Komerling Ilir, Sumatera Selatan, *Jurnal Teknologi Dan Energi STT-PLN* Vol. 3, hal 121-145.
- Surdia, Tata, 1976, *Teknik Pengecoran Logam*, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- *Thermax* India Ltd. Technical Memento
- Zemansky, Sears, 1994, *Fisika Untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*, Binacipta, Bandung.
- <http://wahyu-appsn.blogspot.co.id/2012/12/dapur-kubahkupola.html>
- repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22553/4/Chapter%20II.pdf
- jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JIMT/article/download/789/671
- https://id.wikipedia.org/wiki/Tungku_pembakaran
- <https://jurnal.ftumj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/323/298>
- [www.researchgate.net/.../276234605 Perancangan dan Pembuatan Tungku.](http://www.researchgate.net/.../276234605_Perancangan_dan_Pembuatan_Tungku)
- www.teknikmesin.org > artikel > Fabrikasi
- <https://www.scribd.com/doc/115831237/Makalah-Dapur-Kupola-Dan-Crucible>
- [mechanical90.blogspot.com/2010 n/03/jenis-jenis-tungku-peleburan-logam.html](http://mechanical90.blogspot.com/2010/n/03/jenis-jenis-tungku-peleburan-logam.html)

LAMPIRA

Lampiran 1. bentuk- bentuk dan ukuran batu bata tahan api



Lampiran 2. Tabel kalor peleburan dan penguapan

Tabel 20.2 Kalor laten Peleburan dan penguapan

softonezero.blogspot.com

Zat Kimia	Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor laten peleburan (J/Kg)	Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor laten penguapan (J/Kg)
Helium	-269.65	5.23×10^3	-268.93	2.09×10^4
Oxygen	-218.79	1.38×10^4	-182.97	2.13×10^5
Nitrogen	-209.97	2.55×10^4	-195.81	2.01×10^5
Ethyl alcohol	-114	1.04×10^5	78	8.54×10^5
Water	0.00	3.33×10^5	100.00	2.26×10^6
Sulfur	119	3.81×10^4	444.60	3.26×10^5
Lead	327.3	2.45×10^4	1 750	8.70×10^5
Aluminum	660	3.97×10^5	2 450	1.14×10^7
Silver	960.80	8.82×10^4	2 193	2.33×10^6
Gold	1 063.00	6.44×10^4	2 660	1.58×10^6
Copper	1 083	1.34×10^5	1 187	5.06×10^6

Lampiran 3. Tabel kalor jenis zat

TABEL. KALOR JENIS ZAT

No	Jenis zat	Kalor jenis zat (J/kg°C)	No	Jenis zat	Kalor jenis zat (J/kg°C)
1	Air	4200	11	Kuningan	370
2	Alkohol	2300	12	Marmer	860
3	Alumunium	900	13	Minyak tanah	2200
4	Baja	450	14	Perak	234
5	Besi	460	15	Raksa	140
6	Ema	130	16	Seng	390
7	Es	2100	17	Tembaga	390
8	Gliserin	2400	18	Timah hitam	130
9	Kaca	670	19	Timbal	130
10	Kayu	1700	20	Udara	1000

Lampiran 4. Tungku peleburan logam

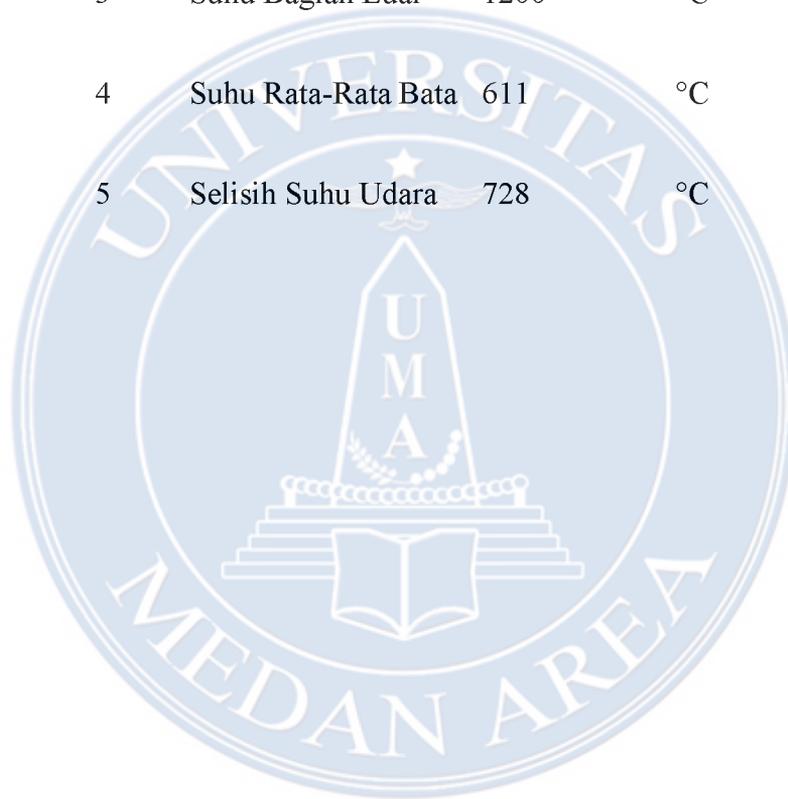


Lampiran 5. Bagian dalam tungku peleburan



Lampiran 6. Tabel Hasil Analisa Tungku Peleburan

No	Nama	Jumlah	Satuan
1	Volume Dapur	83,3	Kg
2	Jumlah Bata	210	Buah
3	Suhu Bagian Luar	1200	°C
4	Suhu Rata-Rata Bata	611	°C
5	Selisih Suhu Udara	728	°C



Gambar Ilustrasi

. tungku peleburan logam



Lampiran 5. Bagian dalam tungku peleburan

