

TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS TUNGKU PELEBUR ALUMINIUM

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

FAZAR PRAYOGA
2007230202



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fazar Prayoga
NPM : 2007230202
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Laju Perpindahan Panas Tungku Pelebur
Alumunium
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 Maret 2025

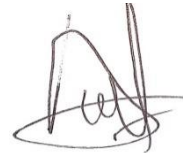
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembanding I



H, Muharnif M, ST.MT

Dosen Pembanding II



Dr. Sudirman Lubis ST.MT

Dosen Pembanding III



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fazar Prayoga
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 30 September 2002
NPM : 2007230202
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

Analisis Laju Perpindahan Panas Tungku Pelebur Alumunium

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material ataupun segala kemampuan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat merupakan pembatalan kelulusan /kesarjanaan saya,

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau pun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 8 Maret 2025
Saya yang menyatakan



Fazar Prayoga

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul **“Analisis Laju Perpindahan Panas Tungku Pelebur Alumunium ”**.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T Dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan serta kritikan yang membangun dalam penyelesaian proposal penelitian penulis.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T., Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan nasehat dan bimbingan dalam penyelesaian proposal penelitian penulis.
3. Bapak Dr.Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terus mendukung seluruh kegiatan mahasiswa/i Fakultas Teknik dalam proses perkuliahan.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan banyak ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu penulis yang selalu memberikan doa terbaiknya yang tiada henti untuk kesuksesan dan keberhasilan penulis selama proses perkuliahan.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proses administrasi selama proses perkuliahan.
7. Teman-teman penulis di kelas B3-Malam Dan A3-Malam Teknik Mesin yang terus bersama-sama menjaga solidaritas dan semangat selama proses perkuliahan.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan

pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 8 Maret 2025

Fazar prayoga

ABSTRAK

Peleburan alumunium merupakan proses yang bergantung pada perpindahan panas melalui tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui suatu medium atau bahan tanpa adanya perpindahan partikel secara makroskopik. Konveksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui aliran fluida. Perpindahan panas melalui konveksi melibatkan adanya aliran fluida, seperti udara atau cairan, yang memindahkan energi panas dari satu tempat ke tempat lainnya. Radiasi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui pancaran elektromagnetik dari suatu objek yang memiliki suhu tinggi ke objek yang memiliki suhu lebih rendah. Ketiga mekanisme ini bekerja secara bersamaan untuk mencapai suhu leleh aluminium sekitar 660°C. Dalam proses ini, pengontrol suhu otomatis digunakan untuk menjaga kestabilan suhu, sehingga dapat menghindari overheat dan meningkatkan efisiensi peleburan. Selain itu, blower berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar, yang mempercepat proses pemanasan dan mencapai suhu leleh lebih cepat. Perhitungan perpindahan panas menunjukkan bahwa mekanisme konduksi memiliki kontribusi terbesar, sebesar 339,346 kW, diikuti oleh radiasi sebesar 0,770 kW, dan konveksi sebesar 0,11454 kW. Total perpindahan panas yang terjadi dalam sistem tungku ini mencapai 340,23 kW. Efisiensi perpindahan panas ini berpengaruh langsung terhadap waktu peleburan dan konsumsi energi. Energi yang dibutuhkan untuk melelehkan 1 kg aluminium adalah 974.000 J, dengan waktu peleburan rata-rata sekitar 47,7 menit. Dengan perhitungan ini menunjukkan bahwa sistem tungku mampu mencapai efisiensi yang baik dalam proses peleburan. Dengan dukungan teknologi pengontrol suhu otomatis dan blower yang efisien, proses peleburan dapat dilakukan dengan cepat, hemat energi, dan menghasilkan aluminium cair dengan kualitas yang optimal.

Kata Kunci: Peleburan Alumunium, Perpindahan Panas, Waktu Peleburan.

ABSTRACT

Aluminum melting is a process that relies on heat transfer through three main mechanisms: conduction, convection, and radiation. Conduction is a heat transfer mechanism that occurs through a medium or material without macroscopic particle movement. Convection is a heat transfer mechanism that occurs through fluid flow. Convection heat transfer involves the flow of a fluid, such as air or liquid, that transfers heat energy from one place to another. Radiation is a heat transfer mechanism that occurs through electromagnetic radiation from an object at a high temperature to an object at a lower temperature. These three mechanisms work together to achieve the melting temperature of aluminum at around 660°C. In this process, an automatic temperature controller is used to maintain temperature stability, thereby preventing overheating and increasing melting efficiency. In addition, the blower plays an important role in increasing the efficiency of fuel combustion, which accelerates the heating process and reaches the melting temperature faster. Heat transfer calculations show that the conduction mechanism has the largest contribution, amounting to 339.346 kW, followed by radiation of 0.770 kW, and convection of 0.11454 kW. The total heat transfer that occurs in this furnace system reaches 340.23 kW. This heat transfer efficiency directly affects the melting time and energy consumption. The energy required to melt 1 kg of aluminum is 974,000 J, with an average melting time of around 47.7 minutes. This calculation shows that the furnace system is able to achieve good efficiency in the melting process. With the support of automatic temperature control technology and an efficient blower, the melting process can be carried out quickly, energy efficient, and produces liquid aluminum with optimal quality.

Keywords: Aluminum Melting, Heat Transfer, Melting Time..

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRAC	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1 Tungku Peleburan Alumunium	4
2.1.1 Komponen Utama Tungku Peleburan	5
2.2 Perpindahan Panas	8
2.3 Teori Perpindahan Panas	9
2.3.1 Konduksi	9
2.3.2 Konveksi	10
2.3.3 Radiasi	11
2.4 Alumunium	13
2.5 Penggunaan perpindahan Panas Tungku Peleburan.	14
2.6 Kalor	15
2.7 Konversi Suhu dari Celsius ke Kelvin	16
 BAB 3 METODE PENELITIAN	 18
3.1 Tempat dan Waktu	18
3.1.1 Tempat penelitian	18
3.1.2 Waktu Penelitian	18
3.2 Bahan Dan Alat Penelitian	19
3.2.1 Bahan Penelitian	19
3.2.2 Alat Penelitian	20
3.3 Bagan Alir Penelitian	21
3.4 Rancangan Alat Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	23
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	 24
4.1 Hasil	24

4.1.1 Tungku peleburan alumunium dengan kapasitas 5 kg dengan pengontrol suhu otomatis	24
4.1.2 Blower	25
4.1.3 Kowi	26
4.1.3 Proses Perpindahan Panas	27
4.1.4 Proses Pengumpulan Data Analisis Perpindahan Panas Pada Tungku Peleburan Alumunium	28
4.1.5 Parameter Yang Digunakan Untuk Menghitung Perpindahan Panas	29
4.1.6 Hasil Peleburan	33
4.2 Pembahasan	33
4.2.1 Perpindahan Panas dalam Proses Peleburan Aluminium	33
4.2.2 Desain dan Efisiensi Tungku Peleburan Aluminium	34
4.2.3 Peran Blower Dalam Proses Peleburan	34
4.2.4 Perhitungan Perpindahan Panas dalam Tungku	34
4.2.5 Energi yang Dibutuhkan untuk Melelehkan Aluminium	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
Lampiran 1. Lembar Asistensi	
Lampiran 2. SK Pembimbing	
Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Sifat-Sifat Fisik Aluminium	13
Tabel 2.2 Sifat-Sifat Mekanik Alumunium	13
Tabel 2.3. Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Logam	14
Tabel 2.4 Nilai Kapasitas Panas Berbagai Zat	14
Tabel 2.5 Nilai Kalor Jenis Berbagai Zat	16
Tabel 3.1 Waktu Kegiatan Penelitian	18
Tabel 4.1 Spesifikasi Blower	26
Tabel 4.2 Spesifikasi Kowi	27
Tabel 4.3 Data Spek Tungku Peleburan Alumunium Dengan Kapasitas 5 Kg Menggunakan Pengontrol Suhu Otomatis	29
Tabel 4.4 Konduktivitas Termal	30
Tabel 4.5 Nilai Kalor Lebur Berbagai Zat	32
Tabel 4. 6 Nilai Kapasitas Berbagai Zat	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tungku Peleburan	5
Gambar 2.2 Elemen Pemanas (Heater)	5
Gambar 2.3 Dinding Tungku	6
Gambar 2.4 Pengontrol Suhu Otomatis	6
Gambar 2.5 Blower	7
Gambar 2.6 Pipa Burner	7
Gambar 2.7 Kowi	8
Gambar 2.8 Perpindahan Panas Konduski	10
Gambar 2.9 Perpindahan Panas Konveksi	11
Gambar 2.10 Perpindahan Panas Radiasi	12
Gambar 2.11 Skala Terapan Termometer	17
Gambar 3.1 Aluminium	19
Gambar 3.2 Tungku Peleburan Aluminium	20
Gambar 3.3 Thermocouple	20
Gambar 3.4 Display	20
Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian	21
Gambar 3.6 Racangan Alat Penelitian	22
Gambar 3.7 Racangan Kowi Peleburan	22
Gambar 4.1 Tungku Peleburan Aluminium	25
Gambar 4.2 Blower	25
Gambar 4.3 Kowi	26
Gambar 4.4 Melakukan Pengukuran Kowi	28
Gambar 4.5 Melakukan Pengukuran Terhadap Dinding Peleburan	28
Gambar 4.6 Menimbang Berat Aluminium	28
Gambar 4.7 Pengukuran Suhu Luar Tungku	29
Gambar 4.8 Pengukuran Suhu Dalam Tungku	29
Gambar 4.9 Hasil Peleburan Aluminium	33

DAFTAR NOTASI

Q = perpindahan panas (J)
M = massa benda (kg)
c = kalor jenis zat ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)
C = kapasitas kalor (J/Kg)
L = Kalor lebur zat (J/kg)
U = Kalor uap zat (J/kg)
Q = laju perpindahan panas (W)
h = koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W/m}^2\text{K}$)
A = luas permukaan kontak (m^2)
k = konduktivitas termal aluminium 237 (W/mK)
d = ketebalan material (m),
 σ = konstanta Stefan-Boltzmann 5.67×10^{-8} ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$)
A = luas permukaan yang memancarkan radiasi, (m^2)
 T_1 = adalah suhu dalam tungku (K)
 T_2 = suhu luar tungku (K)
Lf = kalor lebur aluminium (J/kg)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tiap-tiap wilayah baik di dunia maupun di Indonesia. Limbah dapat dipisahkan dalam berbagai jenis, diantaranya limbah cair dan limbah padat. Limbah botol minuman dan spare part kendaraan mendominasi limbah Aluminium di tempat-tempat penampungan limbah. Proses peleburan dan pengecoran logam untuk mengubah limbah Aluminium dari fasa padat menjadi fasa cair 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. (Akhyar 2014).(ARANI 2006)

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui suatu medium atau bahan tanpa adanya perpindahan partikel secara makroskopik. Konveksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui aliran fluida. Perpindahan panas melalui konveksi melibatkan adanya aliran fluida, seperti udara atau cairan, yang memindahkan energi panas dari satu tempat ke tempat lainnya. Radiasi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui pancaran elektromagnetik dari suatu objek yang memiliki suhu tinggi ke objek yang memiliki suhu lebih rendah.(Suhada 2023)

Proses peleburan aluminium merupakan salah satu tahapan penting dalam industri manufaktur, terutama untuk menghasilkan komponen logam yang digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti industri otomotif, elektronik, dan

pembuatan peralatan rumah tangga. Aluminium, yang memiliki titik leleh sekitar 660°C, memerlukan suhu yang tepat untuk meleburkan material tersebut secara efisien. Oleh karena itu, tungku peleburan yang digunakan dalam proses ini harus mampu mencapai suhu tinggi dengan efisien dan mempertahankan suhu tersebut selama proses peleburan berlangsung.(Mustaqim 2017)

Tungku peleburan aluminium yang efektif tidak hanya bergantung pada desain dan kemampuan elemen pemanas, tetapi juga pada pengelolaan perpindahan panas di dalam tungku itu sendiri. Perpindahan panas, yang melibatkan mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi, memainkan peran kunci dalam memastikan bahwa aluminium dapat dipanaskan secara merata dan mencapai titik leleh dengan konsumsi energi yang minimal. Ketiga mekanisme perpindahan panas ini bekerja secara simultan dalam tungku peleburan, dan pemahaman yang mendalam tentang proses ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem peleburan.(Muhammad Yusuf 2020)

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 serta celah pada tungku dapat mengakibatkan peningkatkan suhu 100°C pada pemanasan dalam tungku 1000°C.Telah membangun tungku peleburan logam dengan menggunakan bahan bakar gas LPG, dalam penelitian tersebut di lakukan pengujian lebur aluminun bekas. Hasil yang diperoleh adalah logam aluminium dapat melebur, akan tetapi logam aluminium bekas tersebut saat dileburkan tidak mencair secara sempurna untuk mendapatkan mutu hasil pengecoran yang baik perlu dijaga agar kualitas aluminun pada proses peleburan tidak tercampur dengan kotoran ataupun benda asing yang dapat rendahnya kualitas aluminun yang telah dilebur.(Laju, Aliran, and Wjfabarat 2016)

Oleh karenanya penelitian ini mencoba menganalisa material tungku peleburan Aluminium menggunakan bahan bakar gas. Tungku peleburan tersebut dapat dimanfaatkan oleh industri kecil-menengah dalam mendaur ulang logam dengan titik lebur rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana proses perpindahan panas yang akan terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi.
2. Seberapa lama proses peleburan aluminium pada tungku pelebur.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perpindahan panas bahan aluminium pada tungku peleburan aluminium
2. Menganalisis perpindahan panas dengan menggunakan bahan uji coba 1 kg aluminium

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis laju perpindahan panas yang akan terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi.
2. Mengetahui waktu peleburan pada proses peleburan aluminium.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui proses peleburan limbah Aluminium
2. Meningkatkan pemahaman tentang aplikasi teori perpindahan panas dalam proses peleburan aluminium
3. Bagi industri menengah kebawah dapat mengetahui komposisi material yang cocok digunakan untuk sebuah peleburan limbah aluminium

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tungku Peleburan Aluminium

Tungku peleburan aluminium adalah peralatan yang digunakan untuk melelehkan aluminium dari bentuk padat menjadi cair melalui pemanasan yang terkendali. Proses peleburan ini penting dalam industri manufaktur, seperti pembuatan komponen otomotif, mesin, dan berbagai produk logam lainnya. Aluminium, yang memiliki titik leleh sekitar 660°C, memerlukan suhu yang cukup tinggi untuk mencair, dan tungku peleburan dirancang untuk mencapainya secara efisien. (Lukito 2017)

Tungku peleburan aluminium umumnya dilengkapi dengan elemen pemanas yang dapat mencapai suhu tinggi, serta bahan pelindung atau isolasi di sekitar dinding tungku untuk mencegah kehilangan panas yang berlebihan. Bahan yang sering digunakan untuk dinding tungku adalah bata tahan api atau keramik khusus yang dapat menahan suhu hingga 700-800°C, lebih tinggi dari suhu peleburan aluminium. Tungku ini juga sering dilengkapi dengan sistem pengontrol suhu otomatis yang menjaga suhu tetap stabil selama proses peleburan, yang sangat penting untuk mencegah kerusakan pada bahan atau overheating. (Laju et al. 2016)

Selain itu, dalam desain tungku peleburan aluminium, peran blower atau kipas udara juga penting untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan distribusi panas. Blower ini mengarahkan aliran udara ke dalam ruang pembakaran untuk menjaga suhu tinggi yang diperlukan agar proses peleburan berlangsung cepat dan efisien. Proses perpindahan panas di dalam tungku terjadi melalui mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi terjadi ketika panas diteruskan melalui material padat, seperti dinding tungku, konveksi melibatkan aliran udara panas yang membawa panas ke seluruh area tungku, dan radiasi mengirimkan energi panas melalui gelombang elektromagnetik dari elemen pemanas atau nyala api ke logam yang dilebur. Dengan pengaturan yang tepat, tungku peleburan aluminium dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan waktu yang dibutuhkan untuk melelehkan aluminium. (Vol 2020)



Gambar 2.1 Tungku Peleburan (Vol 2020)

2.1.1 Komponen Utama Tungku Peleburan

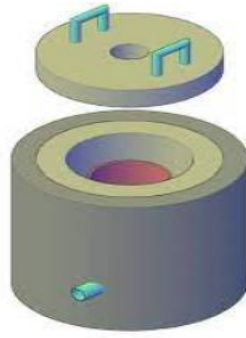
Tungku peleburan aluminium memiliki beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk memastikan proses peleburan berlangsung efisien dan optimal. Berikut adalah komponen utama dalam tungku peleburan aluminium:(Adi, Raharjo, and Surojo 2014)

1. Elemen Pemanas (Heater): Elemen pemanas adalah komponen yang bertanggung jawab untuk menghasilkan panas yang diperlukan untuk melelehkan aluminium. Biasanya terbuat dari bahan tahan panas seperti nikel-krom atau bahan paduan lain yang memiliki daya tahan tinggi terhadap suhu ekstrem. Elemen pemanas ini dapat berupa kawat atau elemen berbentuk batang yang dipasang di dalam tungku untuk memanaskan ruang peleburan.



Gambar 2.2 Elemen Pemanas (Heater) (Adi et al. 2014)

2. Dinding Tungku: Dinding tungku terbuat dari material tahan panas, seperti bata tahan api atau keramik khusus, yang mampu menahan suhu tinggi (biasanya 700-800°C) tanpa terdegradasi. Dinding tungku berfungsi untuk mengisolasi panas agar tidak mudah hilang ke lingkungan sekitar, serta menjaga suhu tetap stabil di dalam tungku selama proses peleburan.



Gambar 2.3 Dinding Tungku (Adi et al. 2014)

3. Pengontrol Suhu Otomatis: Komponen ini sangat penting untuk memastikan suhu di dalam tungku tetap berada pada tingkat yang diinginkan, yaitu sekitar 660°C untuk melelehkan aluminium. Pengontrol suhu otomatis menggunakan sensor suhu seperti termokopel untuk mendeteksi suhu dalam tungku dan secara otomatis menyesuaikan daya pemanas agar suhu tetap konstan. Hal ini mencegah overheating dan menghemat energi.



Gambar 2.4 Pengontrol Suhu Otomatis(Adi et al. 2014)

4. Blower (Kipas Udara): Blower digunakan untuk mensuplai udara ke dalam ruang pembakaran. Dengan bantuan blower, oksigen dapat dipompa ke ruang pembakaran, yang meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar seperti gas atau minyak. Aliran udara ini juga membantu mendistribusikan panas secara merata di dalam tungku, mempercepat proses peleburan dan menjaga suhu yang stabil.



Gambar 2.5 Blower (Adi et al. 2014)

5. Pipa Burner (Pembakar): Pipa burner berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar (seperti gas atau minyak) ke ruang pembakaran. Pembakar ini menghasilkan nyala api yang sangat panas, yang kemudian digunakan untuk memanaskan aluminium hingga mencapai titik lelehnya. Pembakar yang efisien dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan performa tungku.



Gambar 2.6 Pipa Burner (Adi et al. 2014)

6. Kowi (Aliran Udara): Kowi adalah saluran atau pipa yang mengarahkan aliran udara panas ke dalam tungku. Dalam proses peleburan, kowi membantu mendistribusikan panas ke seluruh bagian dalam tungku untuk memastikan bahwa aluminium melebur secara merata. Kowi ini biasanya dipasang pada bagian atas tungku dan dapat disesuaikan untuk mengatur aliran udara sesuai kebutuhan.



Gambar 2.7 Kowi (Adi et al. 2014)

2.2 Perpindahan Panas

Pada dunia industri banyak sekali melakukan proses peleburan, tungku yang digunakan sebagian besar menggunakan bahan bakar minyak. Salah satu masalah yang terjadi adalah kelangkaan bahan bakar minyak. Solusi dari kelangkaan itu adalah mengganti bahan bakar minyak dengan bahan bakar gas. Penelitian ini meliputi perancangan, pembuatan, dan pengujian tungku peleburan limbah Aluminium. Perancangan ini yang harus ditentukan adalah tebal bata api dengan memakai konveksi bebas, dimensi crusibel, dan disain dari tungku.(Abdillah 2014):(ARANI 2006)

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.(Umurani, Rudi Nasution, and Irwansyah 2021)

Konduksi, merupakan perpindahan panas dari partikel yang lebih berenergi ke partikel yang kurang berenergi yang saling berdekatan dari sebuah bahan karena interaksi antara partikel tersebut. Dalam konduksi yang berpindah hanyalah energi saja yaitu berupa panas. Saat kita mengaduk teh panas dengan sendok, maka lama kelamaan tangan kita terasa panas dari ujung sendok yang kita pegang. Atau saat kita membuat kue menggunakan wadah berupa aluminium yang disimpan di oven juga termasuk proses konduksi yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.(Sundari 2011)

2.3 Teori Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah transfer energi panas dari suatu tempat ke tempat lain karena adanya perbedaan suhu. Terdapat tiga mekanisme utama perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah perpindahan panas melalui kontak langsung antara partikel-partikel dalam suatu benda. Konveksi melibatkan perpindahan panas melalui pergerakan fluida atau medium yang mengalir. Radiasi adalah perpindahan panas melalui pancaran elektromagnetik dari suatu permukaan yang memiliki suhu yang lebih tinggi ke permukaan yang memiliki suhu yang lebih rendah. (Akhyar 2014)

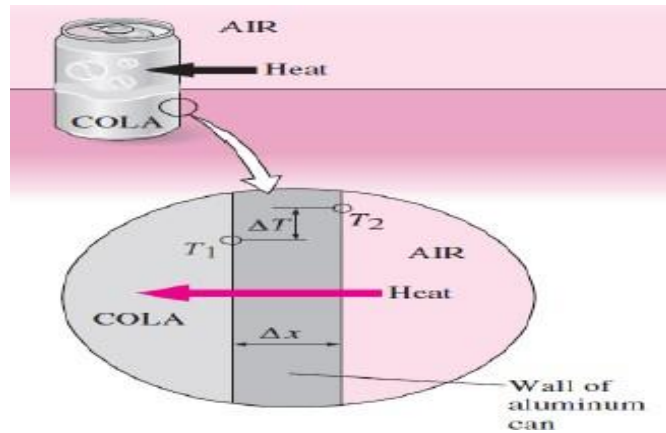
Konsep dasar perpindahan panas merupakan fondasi penting dalam pemahaman tentang bagaimana energi panas dapat berpindah dari satu benda atau sistem ke benda atau sistem lainnya. Perpindahan panas terjadi ketika ada perbedaan suhu antara dua benda atau sistem. Terdapat tiga mekanisme utama yang terlibat dalam perpindahan panas: konduksi, konveksi, dan radiasi. (Adi et al. 2014)

2.3.1 Konduksi

Konduksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui suatu medium atau bahan tanpa adanya perpindahan partikel secara makroskopik. Ketika dua benda dengan suhu berbeda berada dalam kontak langsung, energi panas akan berpindah dari benda dengan suhu lebih tinggi ke benda dengan suhu lebih rendah. Ini terjadi karena partikel-partikel di benda dengan suhu tinggi memiliki energi kinetik yang lebih tinggi dan akan bertabrakan dengan partikel di benda dengan suhu yang lebih rendah, menyebabkan partikel-partikel tersebut juga meningkatkan energi kinetiknya. Konduksi terjadi dengan baik dalam bahan padat seperti logam yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Konduktivitas termal adalah kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. (Laju et al. 2016)

Pada skala mikroskopik, perpindahan panas melalui konduksi dapat dijelaskan dengan adanya transfer energi kinetik antara partikel-partikel dalam bahan. Partikel dengan energi kinetik yang lebih tinggi akan bertumbukan dengan partikel yang memiliki energi kinetik lebih rendah, menyebabkan energi termal berpindah dari partikel yang lebih panas ke partikel yang lebih dingin. Proses ini

terus berlanjut sampai suhu di sepanjang benda menjadi sama. (Kurniawan, Girawan, and Nurrohman 2019)

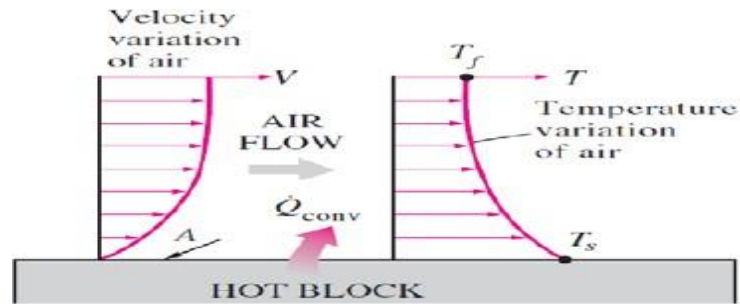


Gambar 2.8 Perpindahan Panas Konduski (Laju et al. 2016)

2.3.2 Konveksi

Konveksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui aliran fluida. Perpindahan panas melalui konveksi melibatkan adanya aliran fluida, seperti udara atau cairan, yang memindahkan energi panas dari satu tempat ke tempat lainnya. Ketika suatu bagian dari fluida dipanaskan, partikel-partikel fluida tersebut menjadi lebih energik dan cenderung naik ke atas karena menjadi kurang padat. Di lain pihak, bagian fluida yang mendingin menjadi lebih padat dan cenderung turun. Inilah yang menciptakan aliran konvektif di dalam fluida dan memungkinkan transfer panas dari satu tempat ke tempat lainnya. (Muhammad Yusuf 2020)

Konveksi dapat dibagi menjadi dua jenis utama: konveksi alami (konveksi bebas) dan konveksi paksa. Konveksi alami terjadi secara alami tanpa bantuan eksternal, seperti aliran panas yang naik secara alami di dalam ruangan ketika pemanas dinyalakan. Konveksi paksa melibatkan penggunaan kipas atau sistem ventilasi untuk mengarahkan aliran fluida secara aktif, meningkatkan laju perpindahan panas. Konveksi sangat penting dalam transfer panas di atmosfer Bumi. Misalnya, panas matahari memanaskan permukaan Bumi, yang selanjutnya menghangatkan udara di dekat permukaan. Udara yang hangat menjadi kurang padat dan naik ke atas, sedangkan udara yang lebih dingin turun ke permukaan. Proses ini menciptakan aliran konvektif yang menghasilkan perubahan suhu dan perpindahan panas di atmosfer. (Suriaman et al. 2017)



Gambar 2.9 Perpindahan Panas Konveksi. (Suriaman et al. 2017)

- Konveksi Secara Ilmiah: Adalah perpindahan konveksi yang disebabkan oleh adanya gaya apung tanpa faktor luar dan dipengaruhi adanya perbedaan jenis benda. Misalnya yang terjadi pada pemanasan air, dimana massa jenis partikel air yang sudah panas akan naik menjauh dari api dan kemudian digantikan dengan partikel zat air lain yang suhunya lebih rendah. Proses tersebut menyebabkan semua partikel zat dapat panas secara keseluruhan secara sempurna. (Mustaqim 2017)
- Konveksi Paksa: Adalah perpindahan konveksi yang terjadi karena ada pengaruh faktor luar seperti tekanan dan perpindahan kalor terjadi dengan cara paksa atau disengaja. Itu artinya panas kalor dipaksa untuk berpindah ke tempat yang dituju dengan bantuan faktor luar seperti tekanan. Misalnya yang terjadi pada kipas angin yang membawa udara dingin ke tempat yang panas, radiator mobil yang memiliki sistem pendingin mesin, dan contoh lainnya. (Istana, Ridwan, and Rilnanda 1930)

2.3.3 Radiasi

Radiasi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui pancaran elektromagnetik dari suatu objek yang memiliki suhu tinggi ke objek yang memiliki suhu lebih rendah. Radiasi panas tidak memerlukan medium untuk perpindahan panas, sehingga dapat terjadi dalam ruang hampa udara. Semua objek dengan suhu di atas nol mutlak (0 Kelvin) memancarkan radiasi elektromagnetik, tetapi intensitas radiasi ini tergantung pada suhu permukaan objek serta sifat permukaannya. (Mustaqim 2017)

Radiasi panas dapat berupa radiasi inframerah, yang merupakan bentuk radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih panjang daripada

cahaya terlihat oleh mata manusia. Ketika radiasi inframerah dipancarkan oleh objek yang memiliki suhu tinggi, energi radiasi ini dapat diserap oleh objek lain yang berada dalam jangkauannya, yang kemudian meningkatkan energi kinetik partikel di objek tersebut dan meningkatkan suhunya. (Muhammad Yusuf 2020)

Radiasi panas sangat penting dalam transfer panas dari objek yang memiliki suhu tinggi, seperti matahari atau tungku pelebur, ke objek atau lingkungan sekitarnya yang memiliki suhu yang lebih rendah. Contoh lain dari radiasi panas adalah radiasi termal yang dipancarkan oleh manusia dan hewan. Penting untuk dicatat bahwa ketiga mekanisme perpindahan panas ini sering terjadi secara bersamaan dan saling berhubungan dalam situasi nyata. Misalnya, dalam kasus pendinginan mesin mobil, konduksi terjadi ketika panas dari mesin ditransfer ke radiator melalui pipa konduktif. Selanjutnya, konveksi terjadi saat udara melewati radiator dan menghilangkan panas dari permukaannya. Selain itu, radiasi juga berkontribusi dalam memancarkan panas dari permukaan radiator menuju lingkungan sekitarnya. (Mustaqim 2017)

Pemahaman tentang konsep dasar perpindahan panas ini sangat penting dalam berbagai bidang, termasuk rekayasa termal, energi, dan lingkungan. Dengan memahami mekanisme perpindahan panas, kita dapat merancang sistem pendingin yang efisien, mengoptimalkan pemanasan ruangan, dan mengurangi kehilangan panas yang tidak diinginkan dalam proses industri. Selain itu, pemahaman tentang perpindahan panas juga berperan penting dalam ilmu meteorologi untuk memahami perubahan suhu dan aliran udara di atmosfer. (ARANI 2006)



Gambar 2.10 Perpindahan Panas Radiasi (ARANI 2006)

2.4 Alumunium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik Berat jenis alumunium adalah 2,643 kg/m³ cukup ringan dibandingkan logam lain. Kekuatan alumunium yang berkisar 83-310Mpa dapat melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas suhu leleh aluminium sekitar 660 °C. Dipasaran Alumunium ditemukan dalam bentuk kawat foil, lembaran, pelat dan profit. Semua paduan alumunium ini dapat mampu dibentuk, dimesin, dilas atau dipatri. Kekuatan dan kekerasan alumunium memang tidak terlalu tinggi, tetapi dapat diperbaiki dengan paduan dan perlakuan panas. Keburukannya yang paling serius dilihat dari segi teknik adalah sifat elastisitasnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan paduan maupun dengan perlakuan panas. Sifat lain yang menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah difabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun, dapat dibentuk dengan berbagai cara seperti *di-rolling, stamping, drawing, forging, extruding* dan lain-lain

Table 2.1 Sifat-Sifat Fisik Aluminium (ARANI 2006)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (200 ° C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653 – 657
Panas jenis (cal/g. 0 ° C) (1000 ° C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (10 °C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (200 ° C – 1000 ° C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	fcc, a = 4,013 kX	fcc, a = 4,04 kX

Tabel 2.2 Sifat-Sifat Mekanik Aluminium (ARANI 2006)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75 % dirol dingin	Dianil	H 18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan <i>Brinell</i>	17	27	<u>23</u>	<u>44</u>

Tabel 2.3. Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Logam (Muhammad Yusuf 2020)

Bahan	λ (W/m. °K)	Bahan	λ (W/m. °K)
Aluminium	237	Air	0,6
Baja Stainless	14	Akrilik	0,16
Besi	79,5	Gelas	0,8
Emas	314	Karet	0,2
Intan	2000	Kayu	0,21
Tembaga	390	Timah	34,7
Kuningan	151	Udara	0,0234

Tabel 2.4 Nilai Kapasitas Panas Berbagai Zat (Laju et al. 2016)

Nama Zat	Kalor jenis (c)	
	kcal/kg	J/kg°C
Aluminium	0,22	900
Tembaga	0,093	390
Kaca	0,3	840
Besi	0,11	450
Timbal	0,031	130
Marmar	0,21	860
Perak	0,056	230
Kayu	0,4	1.700
Alkohol	0,58	2.400
Raksa	0,033	140
Air = es (-5°C) cair (15°C)	0,5	2.100
	1,0	4.186

2.5 Penggunaan perpindahan Panas Tungku Peleburan.

Untuk menentukan apakah perpindahan panas dalam tungku pelebur terutama melalui konveksi, konduksi, dan radiasi.

- Sifat Material: Material apa yang membentuk tungku pelebur? Apakah materialnya merupakan konduktor panas yang baik atau buruk? Material yang baik dalam menghantarkan panas akan cenderung mendukung konduksi, sedangkan material yang kurang baik dapat lebih mendorong konveksi. (Laju et al. 2016)
- Suhu: Perbedaan suhu antara permukaan tungku dan lingkungan sekitarnya dapat mempengaruhi mekanisme perpindahan panas. Konduksi biasanya dominan pada perbedaan suhu yang kecil, sementara konveksi menjadi lebih signifikan pada perbedaan suhu yang besar. (Laju et al. 2016)

- Aliran Fluida: Jika ada aliran fluida (gas atau cairan) di sekitar tungku pelebur, konveksi dipicu oleh gerakan aliran fluida tersebut. Jika tidak ada aliran fluida, konduksi akan menjadi mekanisme utama perpindahan panas.(Laju et al. 2016)
- Bentuk dan Desain Tungku: Desain tungku, termasuk apakah ada ventilasi atau sistem sirkulasi udara, juga dapat memengaruhi apakah konveksi atau konduksi dominan.(Laju et al. 2016)
- Ukuran Tungku: Pada tungku pelebur besar, perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar tungku bisa cukup besar, memicu konveksi. Namun, pada tungku kecil, konduksi mungkin lebih dominan karena perbedaan suhu yang lebih kecil.(Laju et al. 2016)

Secara umum, jika terjadi aliran fluida yang signifikan, seperti udara panas yang naik ke atas dalam sebuah tungku pelebur, konveksi cenderung menjadi mekanisme perpindahan panas yang dominan. Namun, jika tidak ada aliran fluida yang berarti atau jika material tungku adalah konduktor panas yang baik, maka konduksi mungkin menjadi mekanisme utama. Dalam banyak kasus, baik konduksi maupun konveksi dapat berkontribusi terhadap perpindahan panas secara bersamaan. (Lukito 2017)

2.6 Kalor

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang bisa berpindah dari benda dengan suhu yang lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah jika keduanya dipertemukan atau bersentuhan. Dua benda yang memiliki suhu yang berbeda ketika dipertemukan maka akan muncul kalor yang mengalir atau berpindah. Misalnya saat Grameds mencampurkan air dingin dengan air panas, kemudian akan menghasilkan air hangat. (Mustaqim 2017)

Perlu Grameds ketahui bahwa suhu dan kalor itu berbeda. Suhu adalah suatu nilai yang dapat terukur dengan termometr, sedangkan kalor adalah energi yang mengalir pada suhu benda tersebut ke benda lainnya. Menurut SI atau MKS, satuan kalor adalah joule (J) sedangkan menurut CGS satuan kalor adalah erg dan untuk beberapa jenis makanan menggunakan satuan kalori. Dapat dihitung bahwa satu kalori adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram air hangat sampai naik menjadi 1 derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Jadi dapat dikatakan

satu kalori = 4,184 J atau biasa dibulatkan menjadi 4,2 J. Pengertian kalor juga dapat disebut sebagai energy panas yang dimiliki oleh suatu zat tertentu yang untuk mendeteksinya perlu menggunakan alat pengukur suhu benda tersebut. Grameds bisa perhatikan pada air panas yang dibiarkan diudara terbuka maka lama-kelamaan akan mendingin karena ada kalor yang dilepaskan dari zat air ke udara. (Mustaqim 2017)

Kalor dapat berfungsi untuk meningkatkan suhu suatu benda atau menyebabkan perubahan fase, seperti dari padat menjadi cair (peleburan) atau dari cair menjadi gas (penguapan). Proses ini melibatkan energi yang diperlukan untuk memecah ikatan antar molekul dalam zat tersebut. Misalnya, saat es (padat) dipanaskan, kalor yang diserap akan meningkatkan suhu es hingga mencapai titik lebur, di mana es mulai berubah menjadi air (cair). Dalam konteks fisika, kalor juga berkaitan dengan konsep kapasitas kalor, yaitu jumlah energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram zat sebesar satu derajat Celsius. Setiap bahan memiliki kapasitas kalor yang berbeda, yang mempengaruhi seberapa cepat atau lambat suatu benda dapat memanaskan atau mendingin. Selain itu, prinsip perpindahan kalor sangat penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari pemanasan dan pendinginan hingga proses industri dan teknologi energi. (Suriaman et al. 2017)

Tabel 2.5 Nilai Kalor Jenis Berbagai Zat (Suriaman et al. 2017)

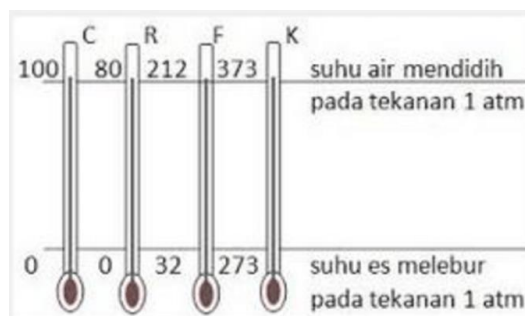
Nama Zat	Titik Lebur (°C)	Kalor Lebur (J kg ⁻¹)
alkohol	-97	69.000
raksa	-39	20.000
air	0	336.000
timah hitam	327	25.000
aluminium	660	403.000
perak	961	88.000
tembaga	1.083	206.000
platina	1.769	113.000
besi	1.808	289.000

2.7 Konversi Suhu dari Celsius ke Kelvin

Konversi suhu dari derajat Celsius ke Kelvin dilakukan dengan menambahkan 273,15 pada nilai Celsius. Hal ini dikarenakan skala Kelvin adalah

skala suhu absolut yang dimulai dari nol mutlak, yaitu kondisi di mana tidak ada lagi energi kinetik dalam partikel. Nol mutlak setara dengan $-273,15^{\circ}\text{C}$, yang menjadi dasar utama dalam perubahan skala ini. Karena skala Kelvin dan Celsius memiliki interval yang sama, perubahan suhu sebesar 1°C juga setara dengan 1 K, sehingga perhitungan dalam kedua skala tetap konsisten. Kelvin digunakan secara luas dalam dunia sains dan teknik karena sifatnya yang absolut dan tidak memiliki angka negatif. Dalam hukum gas ideal, termodinamika, serta perhitungan energi, suhu harus dinyatakan dalam Kelvin untuk memastikan akurasi hasil. Misalnya, dalam penelitian kriogenik, di mana suhu sangat rendah seperti nitrogen cair (77 K atau -196°C), Kelvin digunakan untuk pengukuran yang lebih presisi. Selain itu, dalam fisika benda hitam dan radiasi panas, Kelvin menjadi satuan standar dalam menentukan tingkat energi suatu sistem. (Prihandono 2021)

Dalam industri dan teknologi, penggunaan skala Kelvin juga sangat penting. Misalnya, pada proses peleburan logam seperti baja, suhu dinyatakan dalam Kelvin untuk memastikan kontrol termal yang lebih tepat. Selain itu, dalam eksplorasi ruang angkasa, suhu lingkungan luar angkasa yang dapat mencapai $2,7\text{ K}$ ($-270,45^{\circ}\text{C}$) diukur menggunakan Kelvin karena lebih sesuai dengan perhitungan energi radiasi kosmik. Pemanfaatan skala ini dalam berbagai bidang menunjukkan bahwa Kelvin bukan sekadar satuan suhu, tetapi juga elemen penting dalam analisis ilmiah dan industri. Dengan demikian, konversi suhu dari Celsius ke Kelvin bukan sekadar transformasi angka, tetapi memiliki dasar ilmiah yang kuat. Penggunaan skala Kelvin memberikan keuntungan signifikan dalam perhitungan fisika dan teknik karena sifatnya yang mutlak dan tidak tergantung pada kondisi lingkungan tertentu. Oleh karena itu, pemahaman tentang konversi ini sangat penting bagi para ilmuwan, insinyur, dan profesional di berbagai bidang yang berkaitan dengan energi dan suhu ekstrem. (Syamsuddin 2020)



Gambar 2.11 Skala Terapan Termometer (Prihandono 2021)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat 2, Kecamatan Medan Timur, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai dari disetujuinya penulisan proposal tugas akhir, seminar proposal tugas akhir, pengambilan data, pengolahan data, seminar hasil sampai sidang akhir yang menghabiskan waktu kurang lebih 6 bulan.

Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■					
2	Pengumpulan Data	■	■				
3	Pemilihan konsep		■	■			
4	Pengembangan Konsep			■	■		
5	Uji coba dan pengambilan data				■	■	
6	Analisis perpindahan panas				■	■	■
7	Hasil dan pembahasan					■	■
8	Penulisan laporan						■

3.2 Bahan Dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

1. Alumunium

Digunakan sebagai bahan utama untuk pembuatan suatu produk logo atau emblem mobil



Gambar 3.1 Aluminium

3.2.2 Alat Penelitian

1. Tungku Peleburan Alumunium

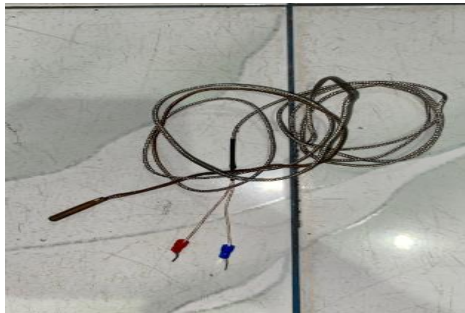
Digunakan sebagai alat utama untuk melakukan proses peleburan alumunium untuk pembuatan logo atau emblem mobil



Gambar 3.2 Tungku Peleburan Alumunium

2. Thermocouple

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu temperatur pada tungku



Gambar 3.3 Thermocouple

3. Display

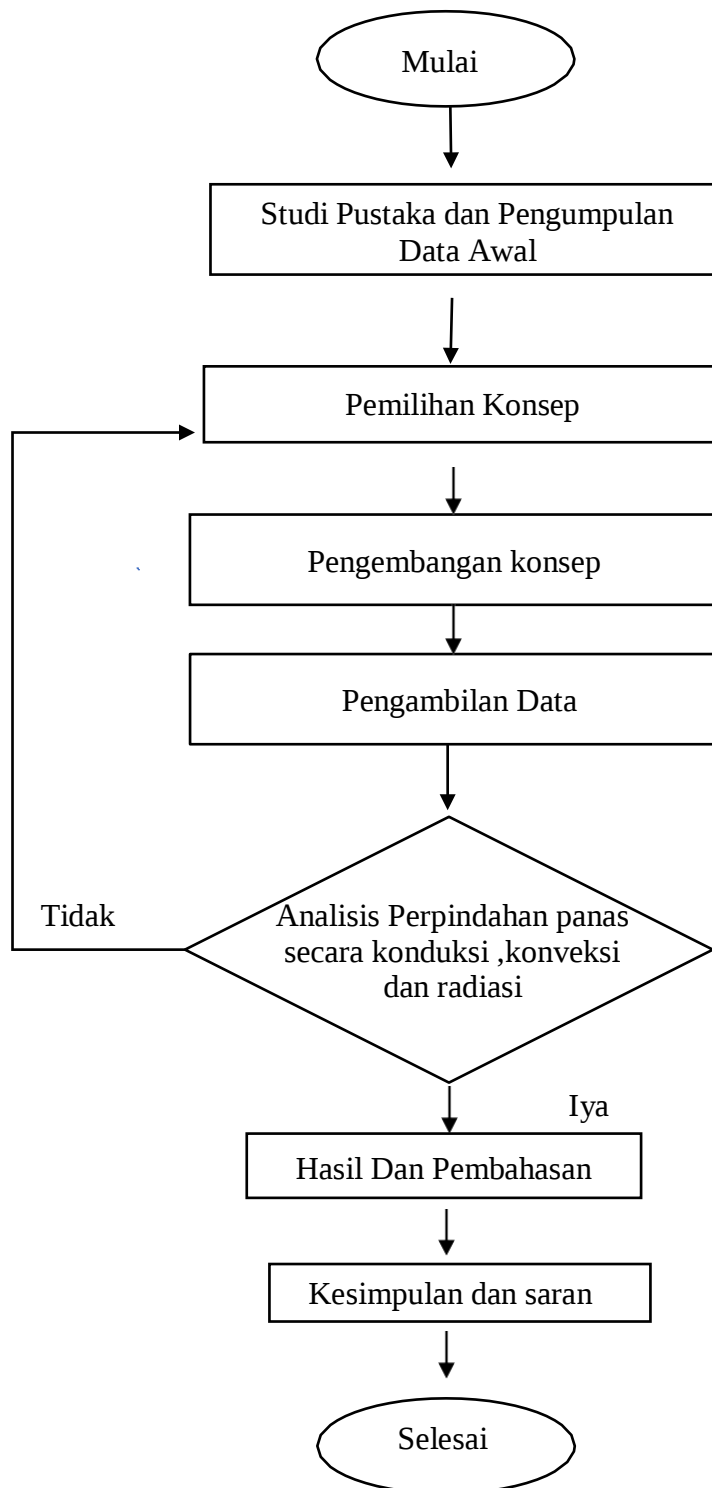
Alat yang digunakan sebagai penampil suhu atau temperatur pada tungku secara otomatis



Gambar 3.4 Display

3.3 Bagan Alir Penelitian

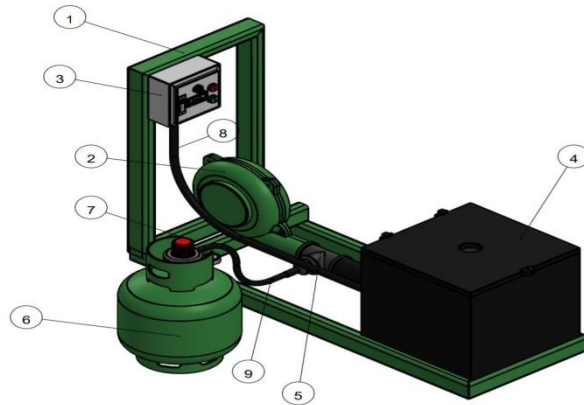
Adapun Bagan Alir dari penelitian yang akan di lakukan



Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Adapun rancangan alat penelitian tungku peleburan alumunium kapasitas 5 kg dengan bahan bakar gas dengan pengontrol suhu otomatis.

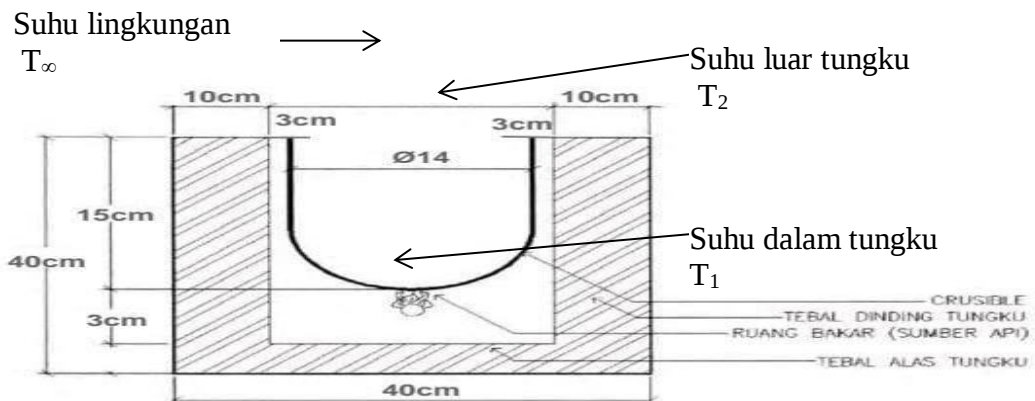


Gambar 3.6 Racangan Alat Penelitian

Keterangan:

1. Rangka Tungku Peleburan
2. Blower
3. Pengontrol Suhu Otomatis
4. Kowi
5. Burner
6. Tabung Gas Lpg 3 Kg
7. Regulator Gas Lpg
8. Kabel Pengontrol Suhu Otomatis
9. Selang Gas Lpg

Adapun rancangan kowi sebagai berikut:



Gambar 3.7 Racangan Kowi Peleburan

3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian adalah sebagai berikut :

1) Perpindahan panas secara konduksi

$$Q_{konduksi} = \frac{K \cdot A(T_1 - T_2)}{L}$$

Keterangan : Q adalah perpindahan panas

K adalah Konduktivitas alumunium 237 w/m.⁰k

A adalah luas penampang pipa

T₁ adalah suhu dalam tungku (K)

T₂ adalah suhu luar tungku (K)

L adalah ketebalan dinding tungku

2. Perpindahan panas secara konveksi

$$Q_{konveksi} = h \cdot A(T_2 - T_\infty)$$

Keterangan : h adalah 10 w/m²(untuk konveksi alami udara)

A adalah luas penampang

T₂ adalah suhu permukaan tungku

T_∞ adalah suhu lingkungan

3. Perpindahan panas secara radiasi

$$Q_{radiasi} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A (T_2^4 - T_\infty^4)$$

Keterangan : ε adalah entisivitas permukaan

σ adalah konstanta boltzman 5.67 × 10⁻⁸ W/m²

A adalah luas penampang

T₂ adalah suhu permukaan

T_∞ adalah suhu lingkungan

4. Total laju perpindahan panas

$$Q_{total} = Q_{konduksi} + Q_{konveksi} + Q_{radiasi}$$

5. Energi yang dibutuhkan untuk melelehkan alumunium

$$Q = m \cdot cp \cdot (T_F - T_i) + m \cdot L_f$$

Keterangan : m adalah massa alumunium

Cp adalah kapasitas kalor jenis alumunium

T_F adalah titik didih alumunium

T_i adalah suhu awal alumunium

Lf adalah kalor lebur alumunium

6. waktu yang dibutuhkan dalam proses peleburan

$$t = \frac{Q_{total}}{Q_{laju\ total}}$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pada proses peleburan aluminium, perpindahan panas memegang peranan penting dalam menentukan efisiensi dan kecepatan proses. Tungku pelebur memerlukan desain yang dapat mendistribusikan panas secara merata dan efisien untuk mencapai suhu leleh aluminium sekitar 660 °C. Analisis perpindahan panas ini bertujuan untuk mengevaluasi performa tungku dan mengidentifikasi potensi peningkatan efisiensi termal. Fokus utama adalah memahami mekanisme perpindahan panas yang terjadi, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi, serta menghitung laju perpindahan panas secara teoritis dan aktual.

4.1.1 Tungku peleburan aluminium dengan pengontrol suhu otomatis

Tungku peleburan aluminium dirancang untuk memenuhi kebutuhan peleburan logam dalam skala kecil, seperti untuk keperluan penelitian, industri rumahan, atau proses manufaktur terbatas. Dengan kapasitas ini, tungku mampu mencairkan aluminium dalam jumlah yang cukup untuk produksi komponen kecil tanpa memerlukan fasilitas besar. Material tungku biasanya terdiri dari bahan tahan panas seperti bata tahan api atau keramik khusus, yang dapat menahan suhu tinggi hingga 700–800°C, suhu di mana aluminium mulai mencair.

Salah satu fitur unggulan tungku ini adalah pengontrol suhu otomatis, yang dirancang untuk menjaga stabilitas suhu selama proses peleburan. Sistem ini menggunakan sensor suhu seperti termokopel, yang terhubung ke unit pengontrol elektronik. Ketika suhu mencapai atau mendekati titik leleh aluminium, pengontrol secara otomatis mengatur elemen pemanas untuk mempertahankan suhu yang diinginkan. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memastikan hasil peleburan yang berkualitas dengan meminimalkan risiko overheating atau pembakaran material.

Tungku peleburan aluminium ini sangat efisien dalam hal konsumsi energi dan waktu proses. Sistem pengontrol otomatis mengurangi kebutuhan pengawasan manual, sehingga operator dapat fokus pada langkah produksi lainnya. Alat ini cocok digunakan untuk berbagai aplikasi, mulai dari pembuatan komponen

otomotif, alat rumah tangga, hingga eksperimen laboratorium. Dengan desain yang kompak dan mudah dioperasikan, tungku ini memberikan solusi ideal bagi pengguna yang membutuhkan peleburan logam dengan kendali yang presisi.



Gambar 4.1 Tungku Peleburan Alumunium

4.1.2 Blower

Blower memiliki peran krusial dalam proses peleburan aluminium karena digunakan untuk mensuplai udara dalam jumlah besar ke ruang pembakaran tungku, sehingga meningkatkan intensitas pembakaran bahan bakar seperti gas atau minyak. Dengan bantuan blower, suhu dalam tungku dapat mencapai titik leleh aluminium (660°C) secara cepat dan efisien, memungkinkan pembakaran berlangsung stabil. Blower, seperti jenis centrifugal atau axial, dipilih berdasarkan kebutuhan aliran udara dan tekanan pada tungku. Selain itu, blower membantu mengoptimalkan pembakaran, mengurangi konsumsi bahan bakar, menjaga kestabilan suhu, dan meningkatkan kualitas aluminium cair yang dihasilkan. Hal ini menjadikan blower komponen penting dalam sistem peleburan aluminium.



Gambar 4.2 Blower

Tabel 4.1 Spesifikasi Blower

No	Nama	Spesifikasi
1	Ukuran blower	2 in
2	Rpm	3000/3600
3	volt	220
4	ampere	1

4.1.3 Kowi

Kowi, atau konveksi, memainkan peran penting dalam analisis perpindahan panas pada tungku lebur. Proses ini terjadi ketika fluida, seperti udara atau gas, bergerak dan membawa energi panas dari satu tempat ke tempat lain. Dalam konteks tungku lebur, aliran konveksi membantu mendistribusikan panas yang dihasilkan oleh sumber pemanas (seperti pembakaran bahan bakar) ke seluruh bagian tungku dan material yang sedang dilebur. Efisiensi perpindahan panas melalui konveksi sangat bergantung pada kecepatan aliran fluida, suhu, dan sifat fisik dari fluida itu sendiri. Semakin cepat aliran fluida, semakin efektif proses konveksi dalam mentransfer panas.

Selain konveksi, proses perpindahan panas lainnya, seperti konduksi dan radiasi, juga berkontribusi pada keseluruhan efisiensi tungku lebur. Konduksi terjadi saat panas dipindahkan melalui material padat, seperti dinding tungku, sedangkan radiasi melibatkan emisi energi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Dalam analisis tungku lebur penting untuk mempertimbangkan semua mekanisme perpindahan panas ini secara holistik. Dengan memahami bagaimana kowi dan proses perpindahan panas lainnya berinteraksi, perancang dan operator tungku dapat mengoptimalkan kinerja dan efisiensi energi, serta memastikan bahwa proses peleburan berlangsung dengan baik dan konsisten.



Gambar 4.3 Kowi

Tabel 4.2 Spesifikasi Kowi

No	Nama	Satuan
1	Diameter kowi	6 in
2	Panjang kowi	20 cm
3	Tebal kowi	8 mm

4.1.3 Proses Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas terdiri dari tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai masing-masing mekanisme tersebut:

1. Konduksi adalah perpindahan panas melalui material padat tanpa adanya pergerakan massa. Proses ini terjadi ketika partikel-partikel dalam bahan bergetar dan saling bertabrakan, mentransfer energi termal dari area yang lebih panas ke area yang lebih dingin. Konduksi umum terjadi pada bahan padat, seperti logam, dan laju perpindahan panas tergantung pada konduktivitas termal bahan tersebut. Misalnya, logam dengan konduktivitas tinggi, seperti tembaga, akan lebih efisien dalam menghantarkan panas dibandingkan dengan bahan isolator.
2. Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi melalui aliran fluida, baik itu cairan atau gas. Proses ini melibatkan pergerakan partikel-partikel fluida yang membawa energi panas bersamanya. Konveksi dapat dibedakan menjadi dua jenis: konveksi alami, yang terjadi akibat perbedaan densitas akibat perbedaan suhu (misalnya, udara panas yang naik), dan konveksi paksa, yang dihasilkan oleh pemindahan fluida dengan bantuan alat seperti kipas atau pompa. Konveksi sangat penting dalam sistem pemanas dan pendingin, karena dapat mendistribusikan panas secara merata ke seluruh area.
3. Radiasi adalah perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik dan tidak memerlukan medium perantara. Setiap benda yang memiliki suhu di atas nol mutlak memancarkan radiasi. Dalam konteks pemanasan, sumber seperti matahari, elemen pemanas, atau nyala api memancarkan radiasi inframerah yang dapat diserap oleh objek di sekitarnya.

4.1.4 Proses Pengumpulan Data Analisis Perpindahan Panas Pada Tungku Peleburan Aluminium

Pada proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 12 desember 2024 di workshop

1. Melakukan pengukuran terhadap kowi



Gambar 4.4 Melakukan Pengukuran Kowi

2. Melakukan pengukuran pada dinding peleburan aluminium



Gambar 4.5 Melakukan Pengukuran Terhadap Dinding Peleburan

3. Melakukan penimbangan aluminium yang akan di lebur



Gambar 4.6 Menimbang Berat Aluminium

4. Melakukan pengukuran suhu luar tungku dengan menggunakan display



Gambar 4.7 Pengukuran Suhu Luar Tungku

5. Melakukan pengukuran suhu dalam tungku dengan menggunakan display



Gambar 4.8 Pengukuran Suhu Dalam Tungku

Tabel 4.3 Data Spek Tungku Peleburan Alumunium Dengan Menggunakan Pengontrol Suhu Otomatis

No	Nama	Ukuran
1	Diameter kowi	6 in
2	Panjang kowi	20 cm
3	Tebal kowi	8 mm
4	Tebal pipa burner	2 mm
5	Diameter pipa burner	1,5 in
6	Tinggi pipa keluaran api ke kowi	3 cm
7	Tebal setiap dinding peleburan	5 cm
8	Tinggi dinding peleburan	35 cm
9	Blower	2 in

4.1.5 Parameter Yang Digunakan Untuk Menghitung Perpindahan Panas

1. perpindahan panas secara konduksi

Luas penampang pipa $6^{\text{in}} = 6 \times 0,0254 \text{ meter} = 0,1524 \text{ meter}$

$$r/2 = \frac{0,1524}{2} = 0,0762 \text{ meter}$$

$$A = \pi \times r^2 = 3,14 \times (0,0762)^2$$

$$A = 3,14 \times 0,00581 = 0,01824 \text{ m}^2$$

Jadi luas penampang adalah $0,01824 \text{ m}^2$

Tabel 4.4 Konduktivitas Termal (Muhammad Yusuf 2020)

Bahan	λ (W/m. °K)	Bahan	λ (W/m. °K)
Aluminium	237	Air	0,6
Baja Stainless	14	Akrilik	0,16
Besi	79,5	Gelas	0,8
Emas	314	Karet	0,2
Intan	2000	Kayu	0,21
Tembaga	390	Timah	34,7
Kuningan	151	Udara	0,0234

$$Q_{konduksi} = \frac{K \times A (T_1 - T_2)}{L}$$

Keterangan:

Setiap suhu yang mau dirubah ke kelvin harus menambahkan 273,15 K

K = konduktivitas termal alumunium = 237 w/m.K

T₁= suhu dalam tungku K = 714°C + 273,15= 978,15 K

T₂= suhu luar tungku K =32°C + 273,15= 305,15 K

L= ketebalan dinding tungku =1mm=0,001m

$$8 \text{ mm} = 8 \times 0,001 = 0,008 \text{ m}$$

$$Q_{konduksi} = \frac{237 \frac{\text{W}}{\text{m}} \times 0,01824 \text{ m}^2 \times (978,15 - 305,15)}{0,008 \text{ m}}$$

$$Q_{konduksi} = \frac{237 \frac{\text{W}}{\text{m}} \times 0,01824 \text{ m}^2 \times 628 \text{ K}}{0,008 \text{ m}}$$

$$Q_{konduksi} = 339346 \text{ W} = 339,346 \text{ kW}$$

2. Perpindahan panas secara konveksi

$$Q_{konveksi} = h \times A (T_2 - T_{\infty})$$

Keterangan:

h=10w/m² (untuk konveksi alami udara)

A= luas penampang =0,01824m²

T₂= suhu permukaan tungku =987,15 K

T_∞=suhu udara sekitar =305,15 K

$$Q_{konveksi} = 10 \times 0,01824 (987,15 - 305,15)$$

$$Q_{konveksi} = 10 \times 0,01824 \times 628 = 114,54 \text{ W} = 0,11454 \text{ kW}$$

3. perpindahan secara radiasi

$$Q_{radiasi} = \epsilon \sigma A (T_2^4 - T_\infty^4)$$

Keterangan:

ϵ = ensitivitas permukaan=0,8

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ k}^4$)

A = luas permukaan = $0,01824 \text{ m}^2$

T_2 = suhu permukaan = $987,15 \text{ k}$

T_∞ = suhu lingkungan = $305,15 \text{ k}$

$$\begin{aligned} Q_{radiasi} &= 0,8 \times 5,6 \times 10^{-8} \times 0,01824 \times (987,15^4 - 305,15^4) \\ &= 0,8 \times 5,6 \times 10^{-8} \times 0,01824 \times (9,4 \times 10^{11} - 8,6 \times 10^9) \\ &= 0,8 \times 5,6 \times 10^{-8} \times 0,01824 \times 9,314 \times 10^{11} = 770 \text{ w} = 0,770 \text{ kw} \end{aligned}$$

Total laju perpindahan panas

$$Q_{total} = Q_{konduksi} + Q_{konveksi} + Q_{radiasi}$$

Konduksi = $339,346 \text{ kw}$

Konveksi = $0,11454 \text{ kw}$

Radiasi = $0,770 \text{ kw}$

$$Q_{total} = 339,346 + 0,11454 + 0,770 = 340,23 \text{ kw}$$

Jadi Q total laju perpindahan panas adalah $340,23 \text{ kw}$

4. Energi yang di butuhkan untuk melelehkan alumunium

$$Q = m \cdot Cp \cdot (T_f - T_i) + m \cdot Lf$$

Keterangan:

m = massa alumunium = 1 kg

Cp = kapasitas jenis panas alumunium

T_f = suhu lebur alumunium = $660^\circ \text{C} = 933 \text{ K}$

T_i = suhu awal alumunium = $25^\circ \text{C} = 298 \text{ K}$

Lf = kalor lebur alumunium = 403.000 j/kg

Tabel 4.5 Nilai Kalor Lebur Berbagai Zat (Suriaman et al. 2017)

Nama Zat	Titik Lebur (°C)	Kalor Lebur (J kg ⁻¹)
alkohol	-97	69.000
raksa	-39	20.000
air	0	336.000
timah hitam	327	25.000
aluminium	660	403.000
perak	961	88.000
tembaga	1.083	206.000
platina	1.769	113.000
besi	1.808	289.000

Tabel 4. 6 Nilai Kapasitas Berbagai Zat (Laju et al. 2016)

Nama Zat	Kalor jenis (c)	
	kkal/kg	J/kg°C
Aluminium	0,22	900
Tembaga	0,093	390
Kaca	0,3	840
Besi	0,11	450
Timbal	0,031	130
Marmer	0,21	860
Perak	0,056	230
Kayu	0,4	1.700
Alkohol	0,58	2.400
Raksa	0,033	140
Air = es (-5°C) cair (15°C)	0,5	2.100
	1,0	4.186

Langkah – langkah perhitungan energi yang dibutuhkan

- Energi memanaskan bahan
 $Q_1 = m \cdot Cp \cdot (T_f - T_i)$
 $= 1 \times 900 \times (933 - 298)$
 $= 1 \times 900 \times 635 = 571.500 \text{ J}$
- Energi meleburkan bahan
 $Q_2 = m \times L_f$
 $= 1 \times 403.000 = 403.000 \text{ J}$
- Total energi yang dibutuhkan
 $Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 = 571.000 + 403.000$
 $= 974.000 \text{ J}$

5.waktu yang dibutuhkan untuk melebur alumunium

$$t = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{\text{laju total}}}$$

Keterangan :

$$Q_{\text{total}} = 974.000 \text{ J}$$

$$Q_{\text{laju total}} = 340,23 \text{ kw}$$

$$t = \frac{974.000}{340,23} = 2864 \text{ detik}$$

$$t = \frac{2864}{60} = 47,7 \text{ menit}$$

Jadi dalam peleburan alumunium dengan massa 1 kg membutuhkan waktu 47,7 menit

4.1.6 Hasil Peleburan

Hasil dari peleburan alumunium dengan menggunakan 1 kg alumunium membutuhkan waktu $\pm 47,7$ menit dengan energi yang dibutuhkan untuk melelehkan alumunium 974.000 J dan dengan total laju perpindahan panas 340,23 kw



Gambar 4.9 Hasil Peleburan Alumunium

4.2 Pembahasan

4.2.1 Perpindahan Panas dalam Proses Peleburan Aluminium

Dalam proses peleburan aluminium, perpindahan panas memainkan peranan penting dalam menentukan efisiensi dan kecepatan pencairan logam. Tungku harus mampu mendistribusikan panas secara merata untuk mencapai suhu leleh aluminium sekitar 660 °C. Mekanisme perpindahan panas yang terjadi meliputi konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi merupakan mekanisme perpindahan

panas melalui material padat, seperti dinding tungku, di mana energi panas berpindah dari sisi dalam ke sisi luar tungku. Konveksi terjadi ketika udara panas di dalam tungku bergerak dan membawa panas ke seluruh bagian aluminium yang sedang dilebur. Sementara itu, radiasi memungkinkan energi panas dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik, yang kemudian diserap oleh permukaan logam dan komponen tungku lainnya.

4.2.2 Desain dan Efisiensi Tungku Peleburan Aluminium

Tungku peleburan ini dirancang untuk skala kecil seperti penelitian, industri rumahan, dan manufaktur terbatas. Material tungku biasanya menggunakan bata tahan api atau keramik khusus yang mampu bertahan pada suhu hingga 800 °C. Salah satu fitur utama dari tungku ini adalah sistem pengontrol suhu otomatis yang menggunakan sensor termokopel untuk menjaga stabilitas suhu selama proses peleburan. Sistem kontrol ini memastikan suhu tetap berada dalam rentang optimal, menghindari overheating atau pemborosan energi. Dengan adanya pengontrol otomatis, konsumsi energi menjadi lebih efisien dan proses peleburan lebih mudah diawasi. Selain itu, desain yang kompak dan operasional yang sederhana membuat tungku ini menjadi solusi ideal bagi pengguna yang membutuhkan proses peleburan logam dengan kendali suhu yang presisi.

4.2.3 Peran Blower dalam Proses Peleburan

Blower memiliki fungsi utama dalam meningkatkan efisiensi pembakaran dengan mensuplai udara ke ruang bakar tungku. Udara ini membantu meningkatkan intensitas pembakaran bahan bakar, baik gas maupun minyak, sehingga suhu dalam tungku dapat mencapai titik leleh aluminium lebih cepat. Jenis blower yang digunakan, baik centrifugal maupun axial, dipilih berdasarkan kebutuhan aliran udara dan tekanan pada tungku. Selain meningkatkan efisiensi pembakaran, blower juga berperan dalam menjaga kestabilan suhu di dalam tungku, memastikan pembakaran berlangsung optimal, serta mengurangi konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, keberadaan blower menjadi elemen penting dalam sistem peleburan aluminium, membantu meningkatkan kualitas aluminium cair yang dihasilkan.

4.2.4 Perhitungan Perpindahan Panas dalam Tungku

Berdasarkan analisis perpindahan panas, total energi yang dihantarkan

dalam tungku peleburan dihitung dengan mempertimbangkan ketiga mekanisme utama perpindahan panas:

1. Konduksi: Perpindahan panas melalui dinding tungku dihitung menggunakan persamaan Fourier. Dengan parameter konduktivitas termal aluminium sebesar 237 W/mK, luas permukaan 0,01824 m², dan perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar tungku sekitar 628 K, diperoleh laju perpindahan panas melalui konduksi sebesar 339,346 kW.
2. Konveksi: Proses perpindahan panas akibat pergerakan udara di sekitar permukaan tungku dihitung menggunakan koefisien konveksi alami sebesar 10 W/m²K. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perpindahan panas melalui konveksi bernilai 0,11454 kW.
3. Radiasi: Perpindahan panas melalui radiasi dihitung dengan mempertimbangkan emisivitas permukaan sebesar 0,8 dan konstanta Stefan-Boltzmann. Dari hasil perhitungan, perpindahan panas melalui radiasi bernilai 0,770 kW.

Dari hasil analisis ini, total perpindahan panas yang terjadi dalam sistem tungku peleburan aluminium adalah 340,23 kW.

4.2.5 Energi yang Dibutuhkan untuk Melelehkan Aluminium

Energi yang dibutuhkan untuk melebur aluminium dapat dihitung berdasarkan dua tahapan utama, yaitu pemanasan hingga titik leleh dan perubahan fase dari padat ke cair. Dengan massa aluminium 1 kg dan kapasitas panas jenis aluminium sebesar 900 J/kgK, energi yang diperlukan untuk pemanasan hingga 660 °C adalah 571.500 J. Sementara itu, energi tambahan untuk meleburkan aluminium dengan kalor lebur 403.000 J/kg adalah 403.000 J.

Sehingga, total energi yang dibutuhkan untuk melelehkan 1 kg aluminium adalah 974.500 J. Dengan total laju perpindahan panas sebesar 340,23 kW, waktu yang dibutuhkan untuk melebur aluminium dihitung sekitar 47,7 menit.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada proses peleburan aluminium perpindahan panas memainkan peran penting dalam mencapai suhu leleh aluminium sekitar 660°C. Proses ini melibatkan tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Setiap mekanisme saling mendukung dalam memastikan efisiensi proses peleburan. Dalam sistem tungku ini, pengontrol suhu otomatis yang terhubung dengan sensor suhu menjaga suhu tetap stabil, sehingga proses peleburan berjalan dengan baik dan menghindari overheating.

Blower juga memiliki peran vital dalam meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar, yang pada gilirannya mempercepat proses pemanasan dan mencapai suhu leleh dengan cepat. Laju perpindahan panas yang dihitung untuk konduksi mencapai 339,346 kW, konveksi 0,11454 kW, dan radiasi 0,770 kW, dengan total perpindahan panas mencapai 340,23 kW. Semua mekanisme ini berperan penting dalam mengoptimalkan distribusi panas ke seluruh bagian tungku.

Energi yang dibutuhkan untuk melelehkan 1 kg aluminium dihitung sebesar 974.000 J, dengan waktu peleburan sekitar 47,7 menit. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa sistem ini mampu mencapai efisiensi yang baik dalam proses peleburan. Dengan dukungan teknologi pengontrol suhu otomatis dan blower yang efisien, proses peleburan dapat dilakukan dengan cepat, hemat energi, dan menghasilkan aluminium cair dengan kualitas yang optimal.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Memperbanyak titik pengukuran suhu dan menggunakan alat yang lebih akurat untuk mengoptimalkan kontrol suhu dalam tungku.
2. Menggunakan sistem kontrol suhu berbasis PID untuk mengurangi fluktuasi suhu dan menjaga proses peleburan tetap stabil.
3. Menggunakan material isolasi yang lebih baik pada dinding tungku untuk mengurangi kehilangan panas dan mempercepat proses peleburan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Radimin; Fuad. 2014. "STUDI PENGARUH TEKANAN DAN KOMPOSISI CAMPURAN PADA PROTOTIPE PISTON KOMPOSIT DENGAN PENGUAT SILIKON KARBIDA (SiC) MENGGUNAKAN." *Prosiding SNATIF 7*(September):78–91.
- Adi, Ismail Mukti, Wahyu Purwo Raharjo, and Eko Surojo. 2014. "RANCANG BANGUN TUNGKU PENCAIRAN LOGAM ALUMINIUM BERKAPASITAS 2 KG DENGAN MEKANISME TAHANAN LISTRIK (PENGUJIAN PERFORMANSI) Keywords : Abstract :." *13*(September):21–32.
- Akhyar. 2014. "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TUNGKU PELEBURAN LOGAM DENGAN PEMANFAATAN OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN BAKAR."
- ARANI, SYAIFUL AKBAR. 2006. "Universitas Medan Area Medan Universitas Medan Area Universitas Medan Area." *44*(2):8–10.
- Budi Afdilah. 2020. Rancang Bangun Tungku Peleburan Aluminium Kapasitas 2 Kg Berbahan Bakar Padat. *Jurnal Teknik Mesin dan Manufaktur*, 9(30), 6-8.
- Citra Lestari. 2018. Analisis Perpindahan Panas Tungku Krusibel Peleburan Aluminium pada Laboratorium. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Dayanu Ikhsanuddin*, Volume 33(4), 7-9.
- Gilang Bara . 2018. Analisis Tungku Pelebur Aluminium Menggunakan Bahan Bakar Arang dan Gas. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, Volume (Edisi), 9-11.
- Istana, Budi, Abrar Ridwan, and Ade Rilnanda. 1930. "Optimasi Tungku Peleburan Logam Aluminium Kapasitas 10 Kg Berbahan Bakar Oli Bekas Skala Laboratorium." *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan* 8(01):167–73. doi: 10.37859/jp.v8i01.552.
- Kurniawan, Ipung, Bayu Aji Girawan, and Saeful Nurrohman. 2019. "Rancang Bangun Dapur Crucible Tipe Penuangan Tungku Kapasitas 15 Kg Dengan Bahan Bakar Gas Lpg." *Infotekmesin* 9(01):1–6. doi: 10.35970/infotekmesin.v9i01.1.
- Laju, Analisis, Perpindahan Aliran, and R. W. Ansyah Wjfabarat. 2016.

“ALUMINIUM MENGGUNAKAN BAHAN DAKAR GAS LPG TUGASAKBIR Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana Disusun Oleh: PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN.”

Lukito, P. 2017. “Tungku Pelebur Aluminium Untuk Praktik Pengecoran Di Smk Muhammadiyah 1 Salam.” *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Mesin* 53–58.

Muhammad Yusuf, Faisal. 2020. “Rancang Bangun Dapur Peleburan Logam Non Ferro Berbahan Bakar Gas Sebagai Sarana Pembelajaran Di Laboratorium Teknik Manufaktur.” *Jurnal Sains Dan Teknologi UMj* 5(3):248–53.

Mustaqim. 2017. “Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Type Pipa Ganda Di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta.” *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur* 4(2):51–61. doi: 10.21009/jkem.4.2.1.

Prihandono, Eko. 2021. “Min-Min Solution Sebagai Metode Konversi Skala Termometer.” *Jurnal Pendidikan Fisika* 9(2):204. doi: 10.24127/jpf.v9i2.3736.

Suhada, A. 2023. “Analisa Berbagai Jenis Logam Konduktivitas Termal Dengan Menggunakan Aplikasi Solidworks.” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik* 3(5):256–63.

Sundari, Ella. 2011. “Rancang Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas.” 3(April).

Suriaman, Irwan, Uus Supriatna, M. Rizky Anugrah, Dede Ardi Rajab, Yadi Heryadi, and Tbu Adi Subekhi. 2017. “Analisis Perpindahan Panas Tungku Pada Tunnel Kiln Untuk Proses Pembakaran Bata Merah Di PT XYZ.” *Jurnal Teknologika (Jurnal Teknik-Logika-Matematika)* 1(1):1–9.

Syamsuddin, Akmal. 2020. “Analisis Sistem Konversi Energi Biomassa Sabut Kelapa Menggunakan Siklus Rankine (Studi Kasus: Desa Sungai Undan INHIL).” *Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau* 1–121.

Umurani, K., Arya Rudi Nasution, and &. D. Irwansyah. 2021. “Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90

Derajat.” *Jurnal Rekayasa Mterial, Manufaktur Dan Energi* 4(1):37–46.
Vol, Discovey. 2020. “Discovey Vol. 5 No. 1 Maret 2020 45.” 5(1):3–6.