

**ANALISIS LAJU PERPINDAHAN ALIRAN DAN  
KERUGIAN KALOR PADA TUNGKU PELEBURAN  
ALUMINIUM MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS LPG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana**

**Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin**

**Disusun Oleh :**

**IRWANSYAH HUTABARAT**

**12.813.0028**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2016**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

## ABSTRAK

Kenaikan bahan bakar minyak saat ini menyebabkan sebagian besar industri kecil pengecoran logam khususnya aluminium tidak bisa bertahan hidup. Oleh karena itu, desain dan analisa kalor bahan bakar tungku pengecoran menggunakan gas LPG jauh lebih baik dari pada bahan bakar minyak umumnya. Peleburan yang terjadi disebabkan karena adanya proses pemanasan pada tungku, kemudian mengalir ke logam yang akan di lebur. Pada proses pemanasan terjadi perpindahan panas secara alamiah baik secara konduksi, konveksi maupun radiasi. Hasil dari analisa panas yang terjadi pada tungku diketahui kebutuhan panas melebur aluminium 3139,8 kJ, total kerugian panas 53376 kJ, efisiensi pembakaran gas LPG 57,74 %, berat gas terpakai 2,1 kg dengan total pembakaran gas LPG 97874,7 kJ.

Kata Kunci : Aluminium, Perpindahan Panas, Bahan Bakar LPG.



## ABSTRACT

In the present, the increasing of fuel price has an impact on sustainability of small industries such as metal foundries, especially for aluminum. Hence, there is a proper way rather than using refined fuel oil. For instance, is employed a designing and analyzing heat to furnaces in foundries by utilizing LPG gas, Smelting process is caused by the occurrence of heating process in the furnace and then flows into the metal. In the heating process, a heat transfer was naturally appeared by conduction, convection either radiation. The finding from heat analysis in the furnace revealed that 3139.8 kJ are required to smelting the aluminium with total heat loss as much as 53376 kJ. Moreover, the combustion efficiency of LPG gas is as much as 57.74 %, the weight of gas used is 2.1 kg with total of LPG gas combustion as much as 97874.7 kJ.

Keywords: Aluminium, Heat Transfer, LPG fuel





## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Perpindahan Kalor.....	4
2.1.1 Perpindahan Kalor Konduksi ( Hantaran ).....	5
2.1.2 Perpindahan Kalor Konveksi ( Aliran ) .....	13
2.1.3 Perpindahan Kalor Radiasi ( Pancaran ) .....	18
2.2 Kebutuhan Kalor Melebur Aluminium.....	21
2.3 Efisiensi Tungku .....	23
2.4 Peleburan Aluminium .....	23
2.4.1 Karakteristik Aluminium .....	23
2.5 Bahan Bakar Gas LPG.....	24
2.5.1 Sifat – Sifat LPG.....	25

2.5.2 Kelebihan Dan Bahaya LPG..... 25

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan ..... 27

3.1.1 Tempat Penelitian ..... 27

3.1.2 Waktu Penelitian ..... 27

3.2 Bahan & Alat ..... 27

3.2.1 Bahan Penelitian ..... 27

3.2.2 Alat – Alat Penelitian ..... 27

3.3 Studi Literatur ..... 30

3.4 Pengambilan Data ..... 31

3.5 Data Hasil Pengujian ..... 31

3.6 Analisa Hasil Pengujian ..... 31

3.7 Kesimpulan & Saran ..... 32

3.8 Konsep Penelitian ..... 32

**BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Laju Aliran Kalor Pada Tungku Peleburan..... 33

4.2 Kebutuhan Kalor Melebur Aluminium..... 38

4.3 Nilai pembakaran gas LPG (  $Q_f$  )..... 40

4.4 Efisiensi Pembakaran Dapur Peleburan ..... 40

4.5 Tabel Hasil Perhitungan..... 40

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 43

5.2 Saran..... 43

**DAFTAR PUSTAKA ..... 45**

**LAMPIRAN ..... 46**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam skala besar beberapa industri peleburan telah memakai tungku dengan memanfaatkan panas dari energi listrik, minyak, gas, dan batubara. Pada industri pengecoran aluminium skala rumah tangga hingga skala kecil umumnya menggunakan tungku yang dilengkapi dengan alat bakar (*burner*). Bahan bakar yang digunakan biasanya bahan bakar cair dan gas, dan jarang yang menggunakan bahan bakar padat seperti briket, batubara, karang kayu, dan lain-lain. Hal ini karena penggunaan bahan bakar padat dirasakan kurang praktis dan memerlukan waktu peleburan yang relatif lama.

Bahan bakar cair yang umum digunakan adalah minyak tanah (*kerosene*). Namun semenjak pemerintah melakukan kebijakan konversi energi yaitu dari minyak tanah ke gas LPG pada pertengahan 2007, banyak industri rumah tangga hingga industri kecil, termasuk industri pengecoran aluminium, yang selama ini menggunakan minyak tanah beralih ke bahan bakar alternatif yang harganya lebih terjangkau. Hal ini karena harga minyak tanah non subsidi menjadi melambung tinggi sebagai akibat kebijakan konversi energi tersebut.

Industri pengecoran logam berskala kecil banyak yang terkendala perkembangannya, ini disebabkan oleh dapur peleburan logam yang tersedia di pasaran sangat mahal harganya. Pemilihan jenis dapur peleburan yang digunakan harus sesuai dengan jenis logam yang dipilih. Jenis dan klasifikasi dapur peleburan yang saat ini berkembang diantaranya adalah dapur krusibel, dapur kupola, dapur busur listrik, dapur induksi, dapur konverter, dan Dapur Thomas dan Bessemer.

Saat ini berbagai upaya telah dilakukan untuk membantu para pengusaha industri pengecoran logam non-ferro khususnya aluminium, yakni dengan mengembangkan tungku

atau dapur untuk peleburan. Beberapa tungku peleburan aluminium yang telah dikembangkan yakni tungku berbahan bakar gas yang dilaporkan oleh Sundari (2011). Tungku atau dapur yang dirancang adalah dapur *crucible* berbahan bakar gas LPG, Magga (2010) mengembangkan analisis perancangan tungku peleburan logam non-ferro jenis *portable* berbahan bakar arang, Ashgi (2009) juga telah melakukan rancang bangun tungku peleburan aluminium berbahan bakar minyak dengan sistem aliran udara paksa

Pengembangan pembuatan tungku umumnya dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja tungku sehingga efisiensi pembakarannya dapat ditingkatkan. Di samping itu, pengembangan tungku ini juga dimaksudkan untuk menurunkan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pembakaran bahan bakar di dalam tungku peleburan yang selama ini juga menjadi permasalahan yang dihadapi oleh para pengusaha industri pengecoran logam non-ferro.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, penulis mencoba merumuskan masalah yang akan dicari pemecahannya baik dari teori – teori yang telah ada maupun dengan analisa – analisa yang akan dilakukan. Rumusan masalah yang akan di cari sebagai berikut :

1. Bagaimana perpindahan panas yang terjadi secara konduksi, konveksi atau radiasi.
2. Kerugian energi panas yang terjadi selama proses peleburan berlangsung.
3. Energi panas yang dibutuhkan aluminium mencapai temperatur penuangan.
4. Efisiensi dapur peleburan.

## 1.3 Batasan Masalah

Pada batasan masalah penulisan skripsi ini, penulis menyadari keterbatasan kemampuan dan pengetahuan mengenai pembahasan laju aliran, untuk menghindari ketidakterbatasan pembahasan, maka dibatasi pembahasan masalah sebagai berikut:

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
1. Perancangan tungku di jelaskan secara ringkas.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



2. Proses pengecoran di jelaskan secara sederhana.
3. Konstruksi tungku aman dan dapat digunakan untuk peleburan.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa perpindahan panas secara konduksi, konveksi maupun radiasi.
2. Menghitung kerugian energi panas yang terjadi selama proses peleburan berlangsung.
3. Menganalisa energi panas yang dibutuhkan logam aluminium mencapai temperaur penuangan
4. Menghitung jumlah pembakaran bahan bakar gas LPG pada proses peleburan.
5. Menghitung efisiensi dapur peleburan

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang akan di dapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi ilmu pengetahuan serta dapat memberi informasi kepada masyarakat khususnya kepada industri kecil yang bergerak di bidang peleburan aluminium tentang kelayakan penggunaan bahan bakar gas LPG
2. Membantu pemerintah dalam melaksanakan program konversi energi dari bahan bakar minyak ke bahan bakar gas.
3. Menggiatkan industri kecil khususnya yang bekerja di bidang peleburan aluminium.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Perpindahan Kalor

Dari sisi sejarah kalor merupakan asal kata **caloric** ditemukan oleh ahli kimia Prancis yang bernama Antonie Laurent Lavoisier ( 1743 – 1794 ). Kalor yang memiliki satuan Kalori (kal). Teori Kalor dasar adalah :

- a) Kalor yang diterima sama dengan kalor yang di lepas. Azas Black, penemunya adalah Joseph Black dari Inggris
- b) Kalor dapat terjadi akibat adanya suatu gesekan. Penemunya adalah Benyamin Thompson dari Amerika Serikat
- c) Kalor adalah salah satu bentuk energi. Ditemukan oleh Robert Mayer
- d) Kesetaraan antara satuan kalor dan satuan energi disebut kalor mekanik. Digagas oleh James Prescott.

Kalor merupakan salah satu bentuk energi maka satuan kalor pun sama dengan satuan energi, yaitu joule. Kalor dapat menaikkan suhu suatu zat dan dapat mengubah wujud zat. Kalor didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Besar kecilnya kalor yang dibutuhkan suatu benda ( zat ) bergantung pada 3 faktor yaitu: Massa Zat, Jenis Zat ( Kalor Jenis ), dan Perubahan Suhu. Persamaan tentang kalor dapat ditulis sebagai berikut :  $\Delta Q = m c \Delta T$  ( 2.1 )

dengan  $\Delta T =$  Perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$c =$  Kalor jenis benda (  $\text{J} / \text{kg}^{\circ}\text{C}$  )

$m =$  Massa benda (  $\text{kg}$  )

Perpindahan kalor (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Pada termodinamika telah kita ketahui bahwa energi yang pindah itu dinamakan kalor (*heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari suatu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Kenyataan di sini yang menjadi sasaran analisis ialah masalah laju perpindahan, inilah yang membedakan ilmu perpindahan kalor dari ilmu termodinamika.

Termodinamika membahas sistem dalam keseimbangan, analisa ini dapat digunakan untuk meramal energi yang diperlukan untuk mengubah sistem dari suatu keadaan seimbang ke keadaan seimbang lain, tetapi tidak dapat meramalkan kecepatan perpindahan itu. Hal ini disebabkan karena pada waktu proses perpindahan itu berlangsung, sistem tidak berada dalam keadaan seimbang. Ilmu perpindahan kalor melengkapi hukum pertama dan kedua termodinamika, yaitu dengan memberikan beberapa kaidah percobaan yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan perpindahan energi. Sebagaimana juga dalam ilmu termodinamika, kaidah-kaidah percobaan yang digunakan dalam masalah perpindahan kalor cukup sederhana, dan dapat dengan mudah dikembangkan sehingga mencakup berbagai ragam situasi praktis. di tinjau dari perpindahannya kalor dapat berpindah dengan 3 cara yaitu :

### 2.1.1 Perpindahan Kalor Konduksi ( hantaran )

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan energi sebagai kalor melalui sebuah proses medium stasioner, seperti tembaga, air, atau udara. Di dalam benda-benda padat maka perpindahan tenaga timbul karena atom-atom pada temperatur yang lebih tinggi bergetar dengan lebih bergairah, sehingga atom atom tersebut dapat memindahkan tenaga kepada atom-atom yang lebih lesu yang berada di dekatnya dengan kerja mikroskopik, yakni kalor.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Di dalam logam-logam, elektron-elektron bebas juga membuat kontribusi kepada proses

Document Accepted 11/12/23

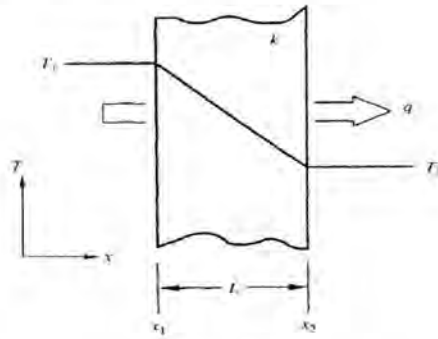
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



hantaran kalor. Di dalam sebuah cairan atau gas, molekul-molekul juga mudah bergerak, dan tenaga juga dihantar oleh tumbukan-tumbukan molekul. (Reynold dan Perkins, 1983).

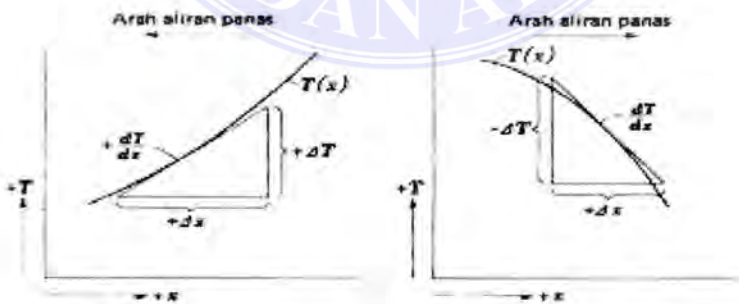


Gambar 2. 1 Distribusi suhu untuk konduksi keadaan stedi melalui dinding datar.

Perpindahan kalor konduksi satu dimensi melalui padatan diatur oleh hukum Fourier, yang dalam bentuk satu dimensi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$q = - k A \frac{dT}{dx} \tag{2.2}$$

di mana  $q$  adalah laju perpindahan kalor dan  $dT / dx$  merupakan gradient suhu ke arah perpindahan kalor. Konstanta positif  $k$  disebut konduktivitas atau *thermal conductivity* benda itu, sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. (Holman, 1997)

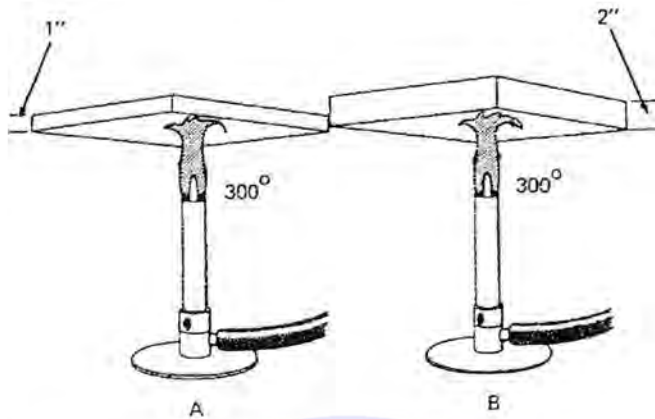


Gambar 2.2 Perjanjian tanda aliran panas konduksi

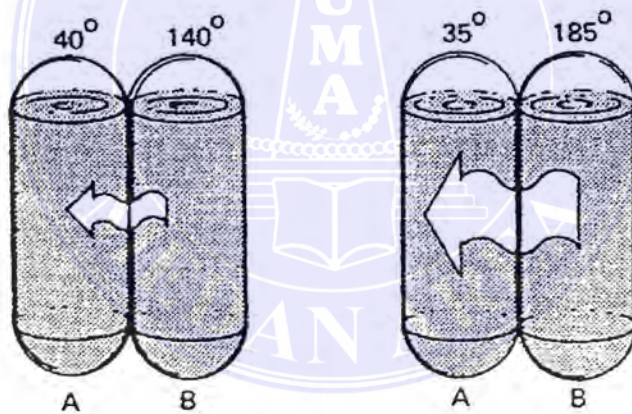
Persamaan (2.1) merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu maka dapatlah dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan. Untuk gas-gas pada suhu agak rendah, pengolahan



analitis teori kinetik gas dapat dipergunakan untuk meramalkan secara teliti nilai-nilai yang diamati dalam percobaan.



Gambar 2.3 Perpindahan panas konduksi pada bahan dengan ketebalan berbeda



Gambar 2.4 Perpindahan panas konduksi pada bahan dengan suhu berbeda

Mekanisme konduksi termal pada gas cukup sederhana. Energi kinetik molekul ditunjukkan oleh suhunya, jadi pada bagian bersuhu tinggi molekul-molekul mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada yang berada pada bagian bersuhu rendah. Molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan rambang atau acak, saling bertumbukkan satu sama lain, di mana terjadi pertukaran energi dan momentum. Jika suatu molekul bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, maka molekul itu mengangkut energi kinetik ke bagian sistem yang suhunya lebih rendah, dan di sini menyerahkan energinya pada waktu

bertumbukkan dengan molekul yang energinya lebih rendah. Nilai konduktivitas termal itu menunjukkan berapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu.

Energi termal dihantarkan dalam zat padat menurut salah satu dari dua modus, melalui getaran kisi (*lattice vibration*) atau dengan angkutan melalui elektron bebas. Dalam konduktor listrik yang baik, dimana terdapat elektron bebas yang bergerak di dalam struktur kisi bahan-bahan, maka elektron, di samping dapat mengangkut muatan listrik, dapat pula membawa energi termal dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, sebagaimana halnya dalam gas. Energi dapat pula berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Namun, pada umumnya perpindahan energi melalui getaran ini tidaklah sebanyak dengan cara angkutan elektron. Karena itu penghantar listrik yang baik selalu merupakan penghantar kalor yang baik pula, seperti halnya tembaga, aluminium dan perak. Sebaliknya isolator listrik yang baik merupakan isolator kalor. (Holman, 1997).

Nilai konduktivitas thermal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas thermal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas thermal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga  $k$ -nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila  $k$ -nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator.

Tabel 2.1. Nilai Konduktivitas Bahan

Bahan Logam	$k$ (W / m °C)
Perak	410
Tembaga	385
Aluminium	202

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

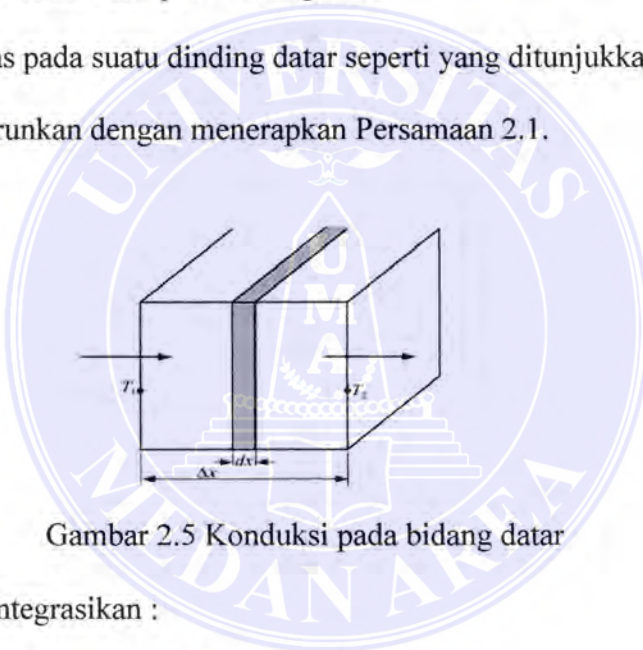
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

Nikel	93
Besi	73
Baja Karbon	43
Timbal	35
Baja krom – nikel	16,3
Emas	314

A) Perpindahan panas konduksi pada bidang datar

Perpindahan panas pada suatu dinding datar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, dapat diturunkan dengan menerapkan Persamaan 2.1.



Gambar 2.5 Konduksi pada bidang datar

Jika persamaan 2.2 di integrasikan :

$$\int q \, dx = - \int k A \, dT$$

Maka diperoleh :  $Q \Delta x = -k A \Delta T$

$$Q = - \frac{k A}{\Delta x} (T_1 - T_2) \tag{2.3}$$

Dimana :  $T_1$  = Suhu dinding sebelah kiri ( $^{\circ}C$ )

$T_2$  = Suhu dinding sebelah kanan ( $^{\circ}C$ )

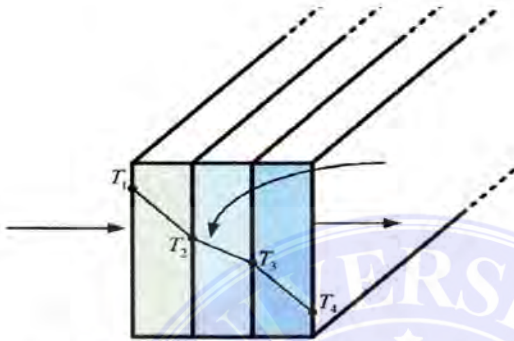
$\Delta x$  = Tebal Dinding (m)

B) Perpindahan panas konduksi pada susunan seri bahan



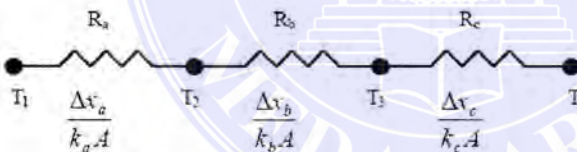
Apabila pada suatu sistem terdapat lebih dari satu macam bahan disusun secara seri , misalnya dinding berlapis-lapis (gambar 2.6), maka aliran kalor dapat digambarkan sebagai berikut :

$$Q = -\frac{k_A A}{\Delta x_A} (T_2 - T_1) = -\frac{k_B A}{\Delta x_B} (T_3 - T_2) = -\frac{k_C A}{\Delta x_C} (T_4 - T_3) \quad (2.4)$$



Gambar 2.6 Konduksi pada dinding berlapis ( lebih dari satu bahan )

Persamaan 2.3 mirip dengan Hukum Ohm dalam aliran listrik. Dengan demikian perpindahan panas dapat dianalogikan dengan aliran arus listrik seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Analogi perpindahan kalor dalam aliran listrik

Menurut analogi diatas perpindahan kalor sama dengan :

$$Q = \frac{\Delta T_{\text{menyeluruh}}}{\sum R_{th}}$$

$$Q = \frac{(T_1 - T_4)}{\frac{\Delta x_A}{k_A A} + \frac{\Delta x_B}{k_B A} + \frac{\Delta x_C}{k_C A}} \quad (2.5)$$

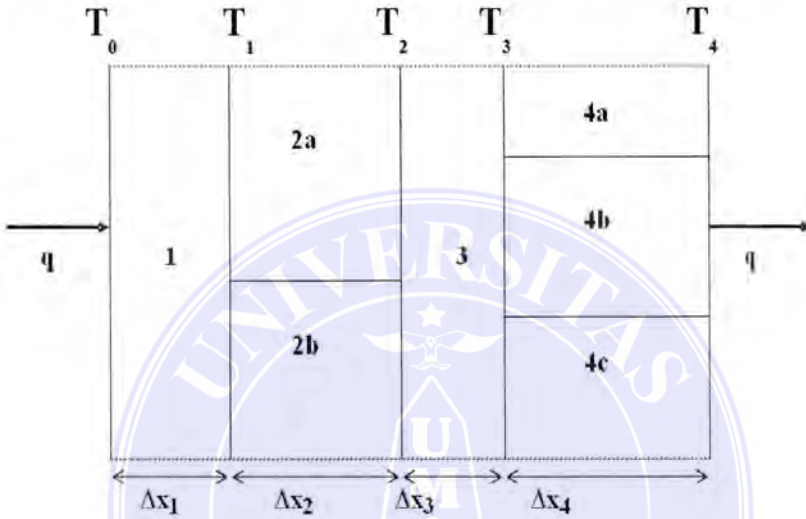
Sehingga persamaan Fourier dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$\text{Aliran panas} = \frac{\text{Beda potensial panas}}{\text{Tahanan termal}}$$

harga tahanan termal total  $R_{th}$  tergantung pada susunan dinding penyusunnya, apakah bersusun seri atau paralel ( gabungan ).

C) Perpindahan panas konduksi melalui bahan yang disusun seri dan paralel

Dinding yang terdiri atas beberapa macam bahan yang dihubungkan seri dan paralel dialiri panas. Perpindahan panas konduksi dianggap berlangsung hanya satu arah (arah x).

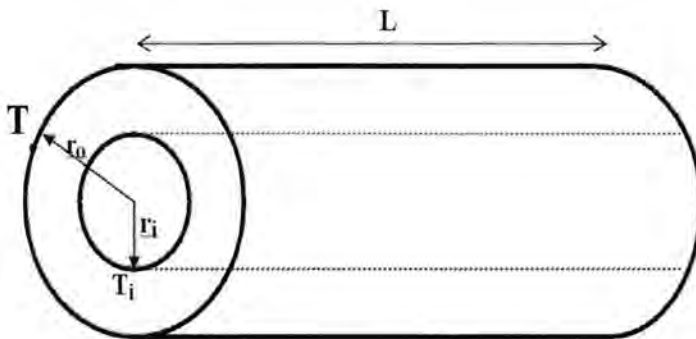


Gambar 2.8 Dinding disusun seri dan paralel

D) Perpindahan panas konduksi pada silinder

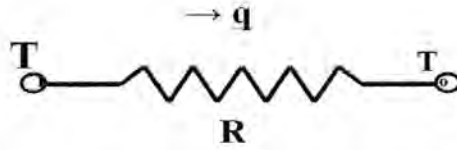
a) Perpindahan panas konduksi pada silinder berongga

Suatu silinder panjang berongga dengan jari – jari dalam silinder dalam  $r_i$ , jari – jari luar  $r_o$ , dan panjang  $L$  dialiri panas sebesar  $q$ . Suhu permukaan dalam  $T_i$  dan suhu permukaan luar  $T_o$ .



Gambar 2.9 Silinder Panjang Berongga

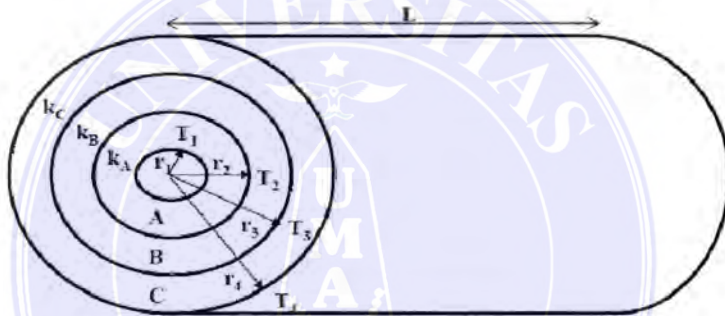
Analogi Listrik :



Aliran panas hanya berlangsung ke arah radial ( arah r) saja, luas bidang aliran panas dalam sistem silinder adalah  $A_r = 2\pi rL$ .

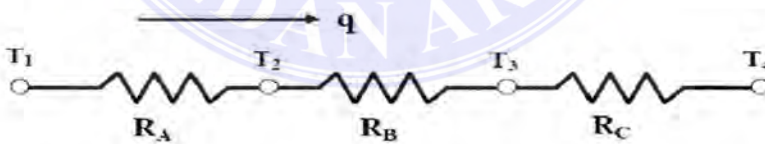
b) Perpindahan panas konduksi pada dinding lapis rangkap berbentuk silinder

Sebuah silinder yang suhu permukaannya relatif tinggi, dapat diisolasi dengan beberapa macam bahan yang disusun seri



Gambar 2.10 Dinding Lapis Rangkap Bentuk Silinder

Analogi Listrik :



Persamaan aliran panas untuk dinding lapis rangkap berbentuk silinder adalah :

$$q = \frac{\Delta T_{\text{menyeluruh}}}{\sum R_{\text{th}}} = \frac{\Delta T}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_A = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_A L}$$

$$R_B = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_B L}$$

$$R_C = \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi k_C L}$$

Sehingga



$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_A L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_B L} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi k_C L}} \quad \text{atau} \quad q = \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_A} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_B} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{k_C}} \quad (2.6)$$

### 2.1.2 Perpindahan Kalor Konveksi ( Aliran )

Perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan / gas). Jika pada suatu benda terdapat gradient temperatur, maka pada benda tersebut terjadi perpindahan energi dari bagian temperatur tinggi ke bagian temperatur rendah. Besarnya fluks kalor yang berpindah berbanding lurus dengan gradient temperatur pada benda tersebut. Konveksi terjadi karena perbedaan massa jenis zat. Bila sebuah fluida lewat di atas sebuah permukaan padat panas, maka energi dipindahkan kepada fluida dari dinding oleh hantaran panas. Energi ini kemudian diangkut atau dikonveksikan (*convected*), ke hilir oleh fluida, dan difusikan melalui fluida oleh hantaran di dalam fluida tersebut. Jenis proses perpindahan energi ini dinamakan perpindahan panas konveksi (*convection heat transfer*). (Stoecker dan Jones, 1982).

Jika proses aliran fluida tersebut diinduksikan oleh sebuah pompa atau sistem pengedar (*circulating system*) yang lain, maka digunakan istilah konveksi yang dipaksakan (*forced convection*). Bertentangan dengan itu, jika aliran fluida timbul karena gaya apung fluida yang disebabkan oleh pemanasan, maka proses tersebut dinamakan konveksi bebas (*free*) atau konveksi alami (*natural*). Persamaan dasar untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi yaitu:

$$q = h A (T_w - T_f) \quad (2.7)$$

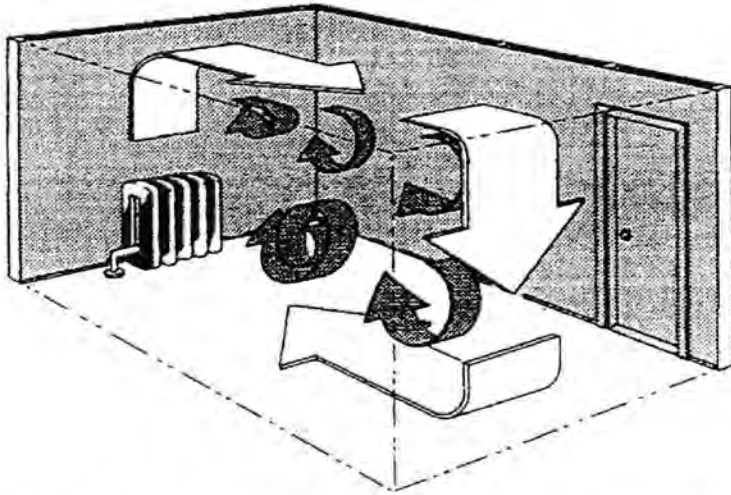
Dimana :  $q$  = Laju perpindahan panas (W)

$h$  = Koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A$  = Luas permukaan ( $m^2$ )

$T_w$  = Temperatur Dinding ( $^\circ C$ ) &  $T_f$  = Temperatur Fluida ( $^\circ C$ )

UNIVERSITAS MEDAN AREA



Gambar 2.11 Pergerakan udara dengan sumber panas pada salah satu sudutnya

Banyak parameter yang mempengaruhi perpindahan kalor konveksi di dalam sebuah geometri khusus. Parameter-parameter ini termasuk luas permukaan ( $A$ ), konduktivitas termal fluida ( $k$ ), kecepatan fluida ( $V$ ), kerapatan ( $\rho$ ), viskositas ( $\mu$ ), panas jenis ( $C_p$ ), dan kadang-kadang faktor lain yang berhubungan dengan cara-cara pemanasan (temperatur dinding seragam atau temperatur dinding berubah-ubah). Fluks kalor dari permukaan padat akan bergantung juga pada temperatur permukaan ( $T_s$ ) dan temperatur fluida ( $T_f$ ), tetapi biasanya dianggap bahwa ( $\Delta T = T_s - T_f$ ) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat fluida berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (*convection region*), maka temperatur-temperatur absolut  $T_s$  dan  $T_f$  dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi. Jelaslah bahwa dengan sedemikian banyak variable-variabel penting, maka korelasi spesifik akan sulit dipakai, dan sebagai konsekuensinya maka korelasi-korelasi biasanya disajikan dalam pengelompokan-pengelompokan tak berdimensi (*dimensionless groupings*) yang mengizinkan representasi-representasi yang jauh lebih sederhana. Juga faktor-faktor dengan pengaruh yang kurang penting, seperti variasi sifat fluida dan distribusi temperatur dinding,



sering kali diabaikan untuk menyederhanakan korelasi-korelasi tersebut. (Stoecker dan Jones, 1982).

Perpindahan kalor secara konveksi di bedakan menjadi 2 yaitu : konveksi alamiah dan Konveksi paksa.

### 1. Konveksi Alamiah ( Natural Convection )

Konveksi alamiah (*natural convection*) atau konveksi bebas (*free convection*), terjadi karena fluida yang karena proses pemanasan berubah densitasnya (kerapatannya) dan bergerak naik. Radiator panas yang digunakan untuk memanaskan ruang dan plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar merupakan contoh piranti praktis yang memindahkan kalor dengan konveksi bebas. Gerakan fluida dalam konveksi bebas, baik fluida itu gas maupun zat cair terjadi karena gaya apung (*bouyancy force*) yang dialaminya apabila densitas fluida di dekat permukaan perpindahan kalor berkurang sebagai akibat proses pemanasan.

Gaya apung itu tidak akan terjadi apabila fluida itu tidak mengalami sesuatu gaya dari luar seperti gravitasi (gaya berat), walaupun gravitasi bukanlah satu-satunya medan gaya luar yang dapat menghasilkan arus konveksi bebas. Fluida yang terkurung dalam mesin rotasi mengalami medan gaya sentrifugal, dan karena itu mengalami arus konveksi bebas bila salah satu atau beberapa permukaannya yang dalam kontak dengan fluida itu dipanaskan. (Holman, 1997).

#### a) Perpindahan kalor konveksi bebas pada plat / silinder vertikal

Untuk permukaan vertikal, angka Nusselt dan angka Grashof dibentuk dengan L yaitu tinggi permukaan. Rumus untuk mencari bilangan Grashof adalah:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_w - T_\infty) \cdot L^3}{g^2} \quad (2.8)$$

Dimana : Gr : bilangan Grashof  
UNIVERSITAS MEDAN AREA



$g$  : kecepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\beta$  :  $1 / T$  : Koefisien ekspansi volume ( $K^{-1}$ )

$\vartheta$  : Percepatan gravitasi ( $m^2/s$ )

Koefisien perpindahan kalor dievaluasi dari :  $q_w = h A (T_w - T_\infty)$  (2.9)

Selama bertahun – tahun telah di ketahui bahwa koefisien perpindahan kalor konveksi bebas rata – rata untuk berbagai situasi, dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi sebagai berikut

:  $Nu_f = C (Gr_f . Pr_f)^m$  (2.10)

Dimana  $f$  menunjukkan bahwa sifat – sifat untuk gugus tak berdimensi dievaluasi pada suhu film :

$$T_f = \frac{T_w + T_\infty}{2} \tag{2.11}$$

Produk perkalian antara angka Grashof dan angka Prandtl disebut angka Rayleigh, dapat dinyatakan dalam matematis :  $Ra = Gr . Pr$  (2.12)

Harga  $C$  dan  $m$  dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah iini, konstanta untuk permukaan Isotermal (J.P. Holman):

Tabel 2.2 Nilai Konstanta  $C$  &  $M$  untuk persamaan 2.10

Jenis Aliran	$Ra = Gr . Pr$	$C$	$M$
Laminar	$10^4 - 10^9$	0,59	1/4
Turbulen	$10^9 - 10^{13}$	0,1	1/3

Sumber : Perpindahan Kalor, Holman J.P, 1997

Korelasi yang lebih rumit diberikan oleh Churchill dan Chu (J.P. Holman) :

$$Nu_u = 0,68 + \left( \frac{0,670 \times Ra^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \right) \rightarrow \text{untuk } Ra_L < 10^9 \tag{2.13}$$



$$Nu^{1/2} = 0,825 + \left( \frac{0,387 \times Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right) \rightarrow \text{untuk } 10^{-1} < Ra_L < 10^{12} \quad (2.14)$$

b) Perpindahan kalor konveksi bebas pada silinder horizontal

Untuk permukaan vertikal, angka Nusselt dan angka Grashof dibentuk dengan  $d$  yaitu diameter. Rumus untuk mencari bilangan Grashof adalah:

$$Gr_d = \frac{g \beta (T_w - T_\infty) d^3}{\nu^2} \quad (2.15)$$

Koefisien perpindahan kalor dievaluasi dari  $q/L = h \pi d (T_w - T_\infty)$ . koefisien perpindahan kalor konveksi bebas rata – rata untuk silinder horizontal, dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi sebagai berikut :  $0,53 (Gr_d \cdot Pr^2)^{1/4}$ . Persamaan yang lebih rumit, yang dapat digunakan untuk rentang yang luas adalah :

$$Nu^{1/2} = 0,6 + 0,387 \left\{ \frac{Gr Pr}{[1 + (0,559 / Pr)^{9/6}]^{16/9}} \right\}^{1/6} \rightarrow \text{untuk } 10^{-5} < Gr Pr < 10^{12} \quad (2.16)$$

Persamaan yang lebih sederhana juga terdapat, tetapi berlaku hanya pada aliran laminar dari  $10^{-16} < Gr_d Pr < 10^9$  adalah :

$$Nu_d = 0,36 + \frac{0,518 (Gr_d Pr)^{1/4}}{[1 + (0,599 / Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad (2.17)$$

## 2. Konveksi Paksa ( Force Convection )

Konveksi paksa adalah perpindahan panas aliran gas atau cairan yang disebabkan adanya tenaga dari luar, yang mana dialirannya tersebut berasal dari luar, seperti dari blower atau kran dan pompa. Plat panas dihembus udara dengan kipas atau blower merupakan salah satu contoh sederhana perpindahan konveksi paksa. Konveksi paksa dalam pipa merupakan persoalan perpindahan konveksi untuk aliran dalam atau yang disebut dengan internal flow. Adapun aliran yang terjadi dalam pipa adalah fluida yang dibatasi oleh suatu permukaan. Sehingga lapisan batas tidak dapat berkembang secara bebas seperti halnya pada aliran luar.

Aliran konveksi paksa terbagi dalam beberapa aliran yaitu :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



- a) Aliran di atas plat rata
- b) Aliran dalam tabung
- c) Aliran turbulen dalam tabung

### 2.1.3 Perpindahan Kalor Radiasi (Pancaran )

Perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran / sinaran / radiasi gelombang elektromagnetik, tanpa memerlukan media perantara, perpindahan energi ini melalui penjalaran (rambatan) foton yang tak terorganisir. Setiap benda yang terus memancarkan foton-foton secara serampangan di dalam arah dan waktu, dan tenaga netto yang dipindahkan oleh foton-foton ini diperhitungkan sebagai kalor. Bila foton-foton ini berada di dalam jangkauan panjang gelombang 0,38 sampai 0,76  $\mu\text{m}$ , maka foton-foton tersebut mempengaruhi mata kita sebagai sinar cahaya yang tampak (dapat dilihat). Bertentangan dengan itu, maka setiap tenaga foton yang terorganisir, seperti transmisi radio, dapat diidentifikasi secara mikroskopik dan tak dipandang sebagai kalor. (Reynold dan Perkins, 1983).

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan.

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma A T^4 \quad (2.18)$$

Dimana :  $\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzmann dengan nilai  $5,669 \times 10^{-8} \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}^4$ ,

$A$  = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ ), dan

$T$  = temperature absolut ( K ).

Persamaan (2.18) disebut hukum Stefan-Boltzmann tentang radiasi termal, dan berlaku hanya untuk radiasi benda hitam. Ciri khas pertukaran energi radiasi yang penting lagi adalah sifatnya yang menyebar secara merata ke segala arah. Karena itu hubungan geometrik antara



kedua permukaan akan mempengaruhi pertukaran energi radiasinya. Hubungan geometrik dapat diterangkan dan dihitung dengan memperhatikan faktor bentuk  $F_A$  (Reynold dan Perkins, 1983). Radiasi selalu merambat dengan kecepatan cahaya ( $3 \times 10^{10}$  cm/s), kecepatan ini sama dengan hasil perkalian panjang gelombang dengan frekuensi radiasi :  $c = \lambda \nu$ .

Dimana :  $c$  = Kecepatan cahaya

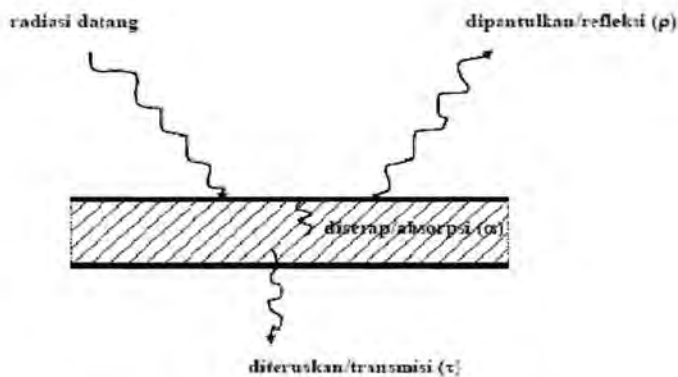
$\lambda$  = Panjang gelombang ( $10^{-8}$  cm)

$\nu$  = Frekuensi

Perambatan radiasi termal berlangsung dalam bentuk kuantum dan setiap kuantum mengandung energi sebesar  $E = h \nu \rightarrow h =$  konstanta Planck ( $6,625 \times 10^{-34}$  J.s). Setiap kuantum dianggap sebagai suatu partikel yang mempunyai energi, massa dan momentum seperti molekul gas  $\rightarrow$  photon Sehingga, pada hakikatnya radiasi merupakan pancaran yang disebabkan oleh gas photon yang mengalir dari satu tempat ke tempat lain.

#### A) Sifat – sifat radiasi

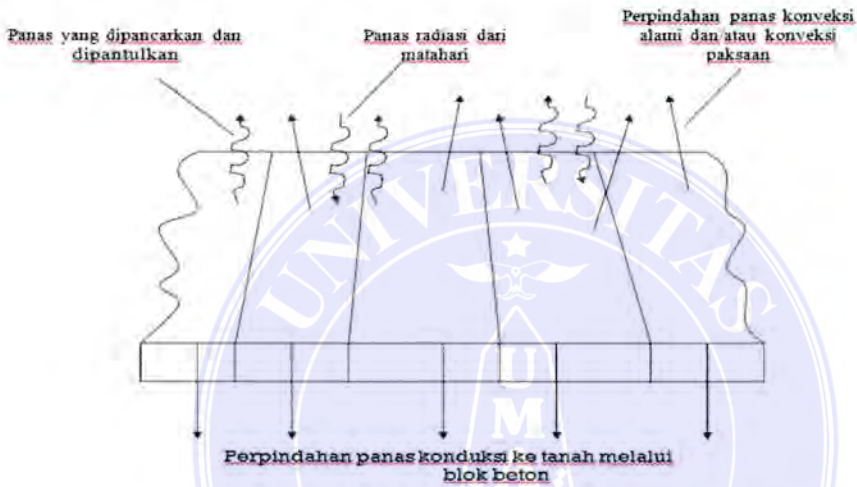
Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian dari radiasi itu dipantulkan (refleksi), sebagian diserap, sebagian lagi diteruskan (transmisi), seperti digambarkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2.12 Kejadian radiasi pada benda

Sifat sifat radiasi benda terbagi 3 yaitu :

- a) Benda yang sifatnya dapat menyerap energi yang datang seluruhnya ( 100%) disebut benda hitam ( Blackbody)
- b) Benda yang dapat memantulkan energi yang datang 100% disebut benda putih sempurna ( Absolutely white )
- c) Benda yang diantara benda hitam dan putih disebut abu – abu ( Grey body )



Gambar 2.13 Perpindahan panas konduksi, konveksi, radiasi

B) Radiasi dalam ruang – kurung

Suatu masalah radiasi sederhana dapat ditemukan bila kita mempunyai suatu permukaan perpindahan kalor pada suhu ( $T_1$ ), yang seluruhnya terkurung oleh permukaan lain yang jauh lebih luas yang berada pada suhu ( $T_2$ ). Dapat dihitung dengan rumus matematis :

$$q_r = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \tag{2.19}$$

Dimana :  $\epsilon$  = Emisivitas Aluminium = 0,09

$\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzman =  $5,669 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$

A = Luas Tungku Peleburan ( $\text{m}^2$ )

$T_1$  = Temperatur ruang bakar (K)

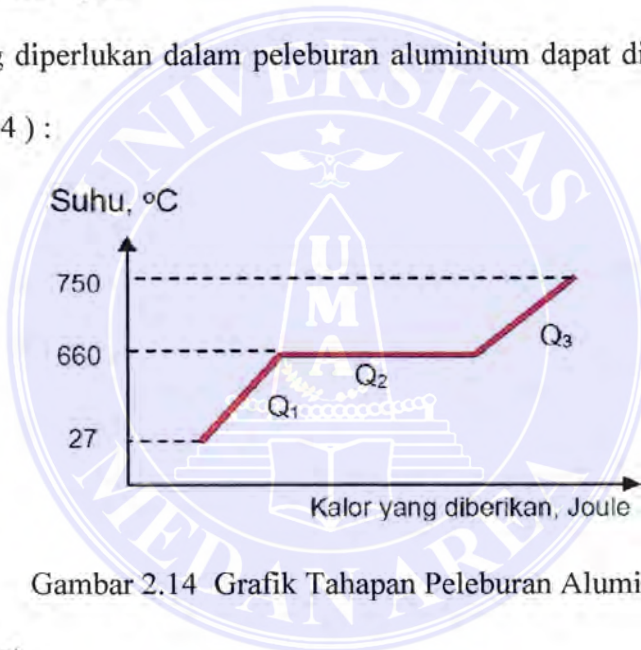
$T_2$  = Temperatur udara luar (K)

## 2.2 Kebutuhan Kalor Melebur Aluminium

Kalor yang dibutuhkan untuk melebur aluminium meliputi 3 fasa yakni :

- $Q_1$  yaitu kalor yang menaikkan temperatur aluminium padat dari suhu kamar hingga mencapai titik lebur aluminium
- $Q_2$  yaitu kalor yang merubah fasa aluminium titik lebur menjadi cair (kalor latent).
- $Q_3$  yaitu kalor untuk menaikkan temperatur aluminium cair dari  $660^{\circ}\text{C}$  ke temperatur penuangan.

Jumlah kalor yang diperlukan dalam peleburan aluminium dapat digambarkan sebagai berikut ( Zemansky, 1994 ) :



Gambar 2.14 Grafik Tahapan Peleburan Aluminium

Tabel 2.3 Kalor Jenis Zat

Jenis Zat	Kalor Jenis ( J / kg $^{\circ}\text{C}$ )
Udara	1000
Air	4200
Alkohol	2400
Raksa	140
Parafin	2200
Es	2100

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



Aluminium	900
Tembaga	390
Kaca	670
Besi	450
Emas	130
Perak	234
Minyak tanah	2200
Kuningan	370
Air Laut	3900

Sumber : Fisika, kane & Sterheim, 1991

Tabel 2.4 Kalor Laten Peleburan

Jenis Zat	Titik Lebur (°C)	Kalor Laten Peleburan (J / kg)
Helium	-269,65	$5,23 \times 10^3$
Oxygen	-218,79	$1,38 \times 10^4$
Nitrogen	-209,97	$2,55 \times 10^4$
Ethyl alcohol	-114	$1,04 \times 10^5$
Water	0,00	$3,33 \times 10^5$
Sulfur	119	$3,81 \times 10^4$
Lead	327,3	$2,45 \times 10^4$
Aluminium	660	$3,97 \times 10^5$
Silver	960,8	$8,82 \times 10^4$
Gold	1063	$6,44 \times 10^5$
Copper	1083	$1,34 \times 10^5$

## 2.3 Efisiensi Pembakaran Gas LPG

Efisiensi dapat ditentukan dari jumlah kebutuhan panas melebur logam ( $Q_{t\text{al}}$ ) di tambah jumlah rugi kalor ( $Q_{\text{loss}}$ ) dibagi dengan jumlah pembakaran gas LPG ( $Q_f$ ). Dalam matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{t\text{al}} + q_{\text{loss}}}{Q_f} \times 100\% \quad (2.20)$$

## 2.4 Peleburan Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik. Berat jenis aluminium adalah  $2,643 \text{ kg/m}^3$  cukup ringan dibandingkan logam lain. Kekuatan aluminium yang berkisar 83–310 Mpa dapat melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas (Surdia dkk, 1992). Di pasaran Aluminium ditemukan dalam bentuk kawat *foil*, lembaran, plat dan profil. Semua paduan aluminium ini dapat mampu dibentuk, dimesin, dilas atau dipatri (Surdia, Tata dkk, 1992)

### 2.4.1 Karakteristik Aluminium

Sifat-sifat dari aluminium yaitu ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Berat jenisnya hanya 2,7 sehingga walaupun kekuatannya rendah tetapi perbandingan kekuatan terhadap beratnya masih lebih tinggi daripada baja, sehingga banyak digunakan pada konstruksi yang menuntut sifat ringan seperti alat-alat transport terutama pesawat terbang. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan *oksida* aluminium pada permukaan aluminium.

Lapisan *oksida* ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan *oksida* ini disatu sisi menyebabkan tahan korosi tetapi dilain sisi menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disolder. Aluminium komersial selalu

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



mengandung beberapa *impurity* (0,8%), biasanya berupa besi, silikon, tembaga dan lain-lain. Adanya *impurity* ini bisa menurunkan sifat hantar listrik dan sifat tahan korosi (walaupun tidak begitu besar) tetapi juga akan menaikkan kekuatannya hampir dua kali lipat dari aluminium murni.

Kekuatan dan kekerasan aluminium memang tidak terlalu tinggi, tetapi dapat diperbaiki dengan pemaduan dan perlakuan panas. Keburukan yang paling serius dilihat dari segi teknik adalah sifat elastisitasnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan pemaduan maupun dengan perlakuan panas. Sifat lain yang menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah dipabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun, dapat dibentuk dengan berbagai cara seperti *di rolling, stamping, drawing, forging, extruding* dan lain-lain. Bahkan menjadi bentuk rumit yang cukup rumit sekalipun.

## 2.5 Bahan Bakar Gas LPG ( Liquid Petroleum Gas )

Elpiji (LPG) adalah termasuk jenis gas Hydrocarbon yang dicairkan dengan tekanan untuk memudahkan pengangkutan, penyimpanan, dan penanganannya yang berasal dari hasil pengolahan minyak dan gas bumi (migas) dan hasil pengolahan lapangan pada kegiatan usaha hulu (tambang) migas. Elpiji (LPG) pada umumnya mempunyai perbandingan komposisi yaitu Propana ( $C_3H_8$ ) 30% dan Butana ( $C_4H_{10}$ ) 70%. Elpiji (LPG) mempunyai berat lebih berat daripada udara dengan berat jenis sekitar 2,01 dibandingkan dengan udara dan mempunyai tekanan uap Elpiji cair dalam tabung kurang lebih sekitar 5,0 – 6,2 Kg / cm<sup>2</sup>. LPG bersifat tidak berbau (odorless) sehingga zat aditive “Mercaptan ” ditambahkan kepada LPG untuk memberikan bau yang khas, sehingga kebocoran gas dapat dideteksi dengan cepat.

Menurut spesifikasinya, LPG dibagi menjadi tiga jenis yaitu LPG campuran, LPG propana dan LPG butana. LPG yang dipasarkan Pertamina adalah LPG campuran.



### 2.5.1 Sifat – sifat LPG

Sifat – sifat LPG adalah sebagai berikut:

1. Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar
2. Gas tidak beracun, tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat
3. Gas dikirimkan sebagai cairan yang bertekanan di dalam tangki atau silinder.
4. Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat.
5. Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah.

### 2.5.2 Kelebihan Dan Bahaya LPG

Berikut kelebihan penggunaan LPG dibandingkan jenis bahan bakar yang lain :

1. Ramah Lingkungan dengan tingkat emisi lebih rendah
2. Bersih karena tidak meninggalkan bekas yang mengotori ruangan serta cocok dan sesuai untuk produk yang sensitif terhadap bau hasil pembakaran
3. Stabil karena nilai kalori yang dihasilkan LPG tinggi dan stabil
4. Fleksibel karena LPG dapat mudah didistribusikan dan ditransportasikan ke daerah manapun mulai dalam bentuk tabung hingga bulk tank
5. Hemat karena perawatan (*maintenance*) peralatan yang rendah dan harga relatif LPG lebih murah dibanding jenis bahan bakar lain terutama setelah adanya program pemerintah konversi penggunaan minyak tanah menjadi LPG

Salah satu bahaya / risiko penggunaan LPG adalah terjadinya kebocoran pada tabung atau instalasi gas sehingga bila terkena api dapat menyebabkan kebakaran. Pada awalnya, LPG tidak berbau, tapi bila demikian akan sulit dideteksi apabila terjadi kebocoran pada tabung gas. Menyadari itu Pertamina menambahkan gas mercaptan, yang baunya khas dan menusuk hidung. Langkah itu sangat berguna untuk mendeteksi bila terjadi kebocoran tabung

gas. Tekanan LPG cukup besar (tekanan uap sekitar 120 psi), sehingga kebocoran LPG akan membentuk gas secara cepat dan mengubah volumenya menjadi lebih besar.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, Jl. Kolam No 1 / Jalan Gedung PBSI No. 1 Medan.

##### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian di mulai dari persetujuan judul skripsi yang diberikan oleh ketua program studi, pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi dinyatakan selesai.

#### 3.2 Bahan Dan Alat

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan dasar dalam penelitian ini adalah aluminium bekas yang mudah di dapat di lingkungan. Pada gambar 3.1 di bawah ini merupakan salah satu aluminium bekas yang ada di sekitar lingkungan kita.



Gambar 3.1 Aluminium Bekas

##### 3.2.2 Alat – Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

#### 1. Tungku / Dapur Peleburan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

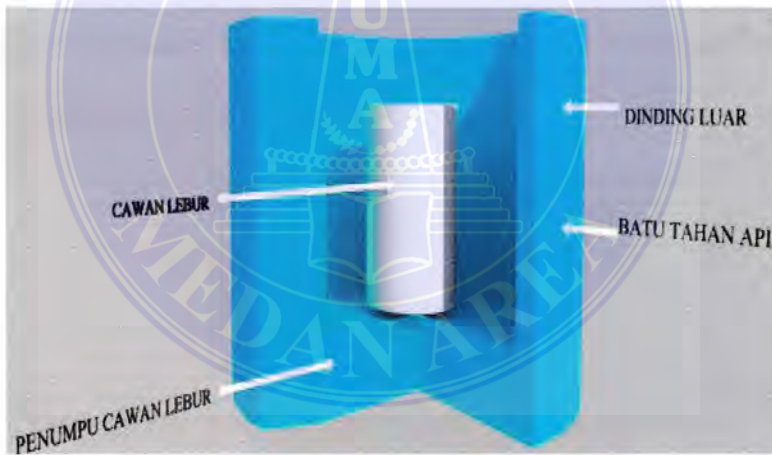
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

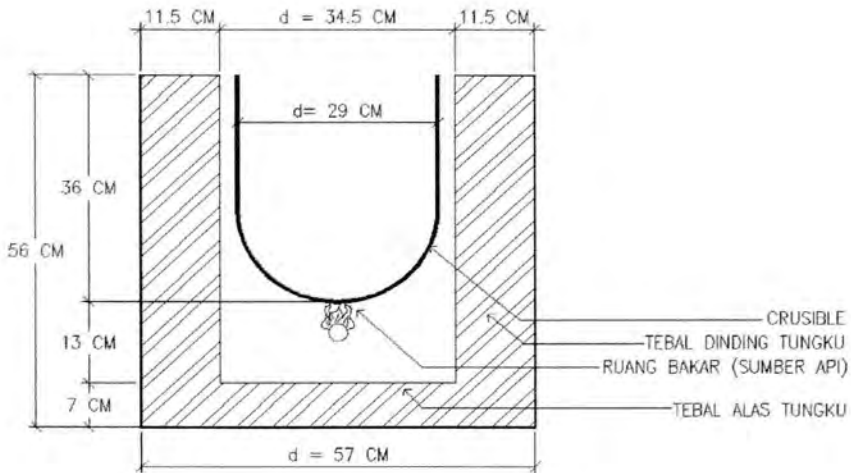


Dapur adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengecoran (*casting*) atau untuk memanaskan bahan dalam proses perlakuan panas (*heat Treatmet*). Jenis dapur yang paling banyak digunakan dalam pengecoran logam ada lima jenis yaitu; Dapur jenis kupola, Dapur pengapian langsung, Dapur crusibel, Dapur busur listrik, dan Dapur induksi.

Dalam penelitian ini, dapur yang dipilih adalah Dapur Crucible. Dapur ini terbuat dari drum oli bekas (baja karbon 0,5 %) dan dilapisi dengan batu bata dan tahan api. Dapur ini konstruksinya paling sederhana dan menggunakan kedudukan tetap dimana pengambilan logam cair dilakukan dengan menggunakan ladle atau gayung. Dapur ini sangat fleksibel dan serbaguna untuk peleburan dengan skala kecil dan sedang. Pada gambar 3.2 dan 3.3 di bawah ini merupakan gambar tungku secara 3D dan keterangan berbagai ukuran tungku peleburan.



Gambar 3.2 Tungku Peleburan 3D



Gambar 3.3 Tungku Peleburan

## 2. Crucible ( Cawan Lebur )

Pada penelitian ini crucible yang dipakai berbentuk silinder yang terbuat dari besi campuran baja karbon 1,5 % dan memiliki ketebalan 11,5 cm. Besi cor mempunyai titik lebur  $1170^{\circ}\text{C}$ , sehingga dapat digunakan untuk meleburkan aluminium. Pada gambar 3.4 di bawah ini merupakan crucible yang akan dipakai pada uji peleburan.



Gambar 3.4 Crucible

### 3. Digital Infrared Thermometer (Termometer Infra Merah )

*Digital Infrared Thermometer* menggunakan metode pengukuran suhu yang sangat cepat, tepat dan akurat pada objek yang diukur dari jarak jauh dan tanpa disentuh atau kontak langsung, sangat ideal untuk mengukur pada situasi dimana objek bergerak sangat cepat, sangat panas, dan jauh letaknya, adanya kebutuhan menghindari kontaminasi objek (seperti makanan/alat medis/obat-obatan/produk), dan berada di lingkungan yang berbahaya. Gambar 3.5 di bawah ini merupakan salah satu jenis thermocouple yang digunakan pada temperatur tinggi.



Gambar 3.5 Termometer Infra Merah

Digital Infrared Thermometer mengukur suhu menggunakan radiasi kotak hitam (biasanya infra merah) yang dipancarkan objek. Kadang disebut termometer laser atau tembak karena menggunakan laser untuk membantu pekerjaan pengukuran, atau termometer tanpa sentuhan untuk menggambarkan kemampuan alat mengukur suhu dari jarak jauh. Dengan mengetahui jumlah energi inframerah yang dipancarkan oleh objek dan emisinya, maka temperatur objek dapat dibedakan.

### 3.3 Studi Literatur

Pada awal penulisan skripsi, penulis terlebih dahulu mengidentifikasi masalah yang akan terjadi kemudian merumuskan masalah dan menentukan tujuan dari penelitian yang akan di teliti. Penelitian ini dimulai dengan kajian pustaka terhadap text book, jurnal, dan media

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



elektronik tentang perpindahan panas, peleburan aluminium, & gas LPG, serta hal lain yang berhubungan dengan penelitian.

### 3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dapat dilaksanakan setelah seluruh tahap persiapan selesai. Metode yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah metode pengamatan langsung, dimana data yang diperoleh dengan melakukan pengujian langsung terhadap tungku peleburan aluminium. Data – data yang diambil adalah sebagai berikut :

- a) Waktu yang dibutuhkan melebur logam (menit)
- b) Temperatur tungku setiap 10 menit ( $^{\circ}\text{C}$ )
- c) Berat gas LPG yang terpakai ( kg )

### 3.5 Data Hasil Pengujian

Pada tahap ini, data hasil pengujian tungku peleburan aluminium diperoleh dan selanjutnya diamati. Jika data hasil pengujian tidak sesuai dengan yang diinginkan, maka kembali ke tahap pengambilan data dan sebaliknya jika data yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan, maka dilanjutkan ke tahapan selanjutnya yakni tahap analisa hasil pengujian.

### 3.6 Analisa Hasil Pengujian

Dari data hasil pengujian yang telah di dapat dan dikumpulkan, maka data tersebut di analisis. Data yang diambil pada penelitian ini merupakan data sekunder dari lapangan, adapun analisa tersebut meliputi :

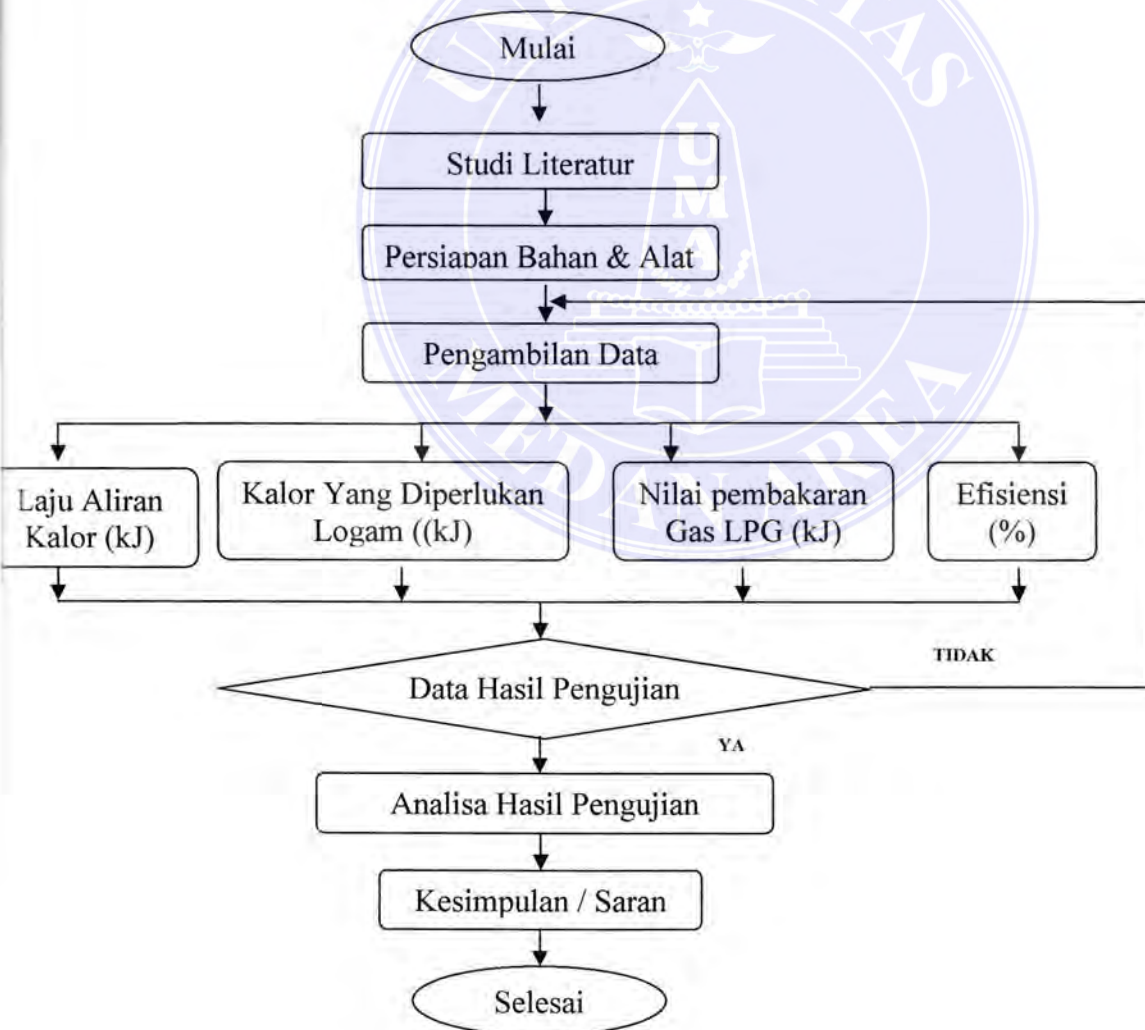
- a) Laju aliran kalor ( kJ )
- b) Kalor yang diperlukan logam ( kJ )
- c) Total pembakaran gas LPG yang terpakai ( kJ )
- d) Efisiensi pembakaran gas LPG ( % )

### 3.7 Kesimpulan & Saran

Pada tahapan ini merangkul semua data hasil pengujian data, di mulai sejak dari pengujian alat sampai menganalisa data hasil pengujian tungku peleburan serta memberikan beberapa saran demi kelanjutan dan kesempurnaan penelitian.

### 3.8 Konsep Penelitian

Untuk mempermudah penulisan skripsi ini, penulis membuat konsep penganalisaan tungku peleburan yang akan digunakan. Konsep tersebut dapat dilihat dalam bentuk Flow Chart pada gambar 3.6 di bawah ini :



Gambar 3.6 Flow Chart Metodologi Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan penulis, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Laju perpindahan panas yang terjadi selama proses peleburan terjadi beberapa perpindahan panas yaitu :
  - a) Perpindahan panas secara radiasi pada ruang bakar ( $q_1$ ) = 39336 kJ
  - b) Perpindahan panas secara konduksi pada batu bata ( $q_2$ ) = 4092 kJ
  - c) Perpindahan panas secara konveksi pada dinding tungku ( $q_3$ ) = 5580 kJ
  - d) Perpindahan panas secara konveksi pada benda lebur ( $q_4$ ) = 4368 kJ
2. Kerugian total panas ( $q_{\text{loss}}$ ) yang terjadi 53376 kJ, dimana yang terbesar terjadi secara radiasi pada ruang bakar (39336 kJ), dan terkecil pada batu bata (4092 kJ).
3. Energi panas yang dibutuhkan logam aluminium untuk penuangan sebesar 3139,8 kJ selama 100 menit
4. Nilai pembakaran bahan bakar gas LPG adalah 97874,7 kJ dengan berat gas yang terpakai adalah 2,1 kg
5. Efisiensi pembakaran dapur peleburan sebesar 57,74 %

#### 5.2. Saran

Penulis ingin memberikan beberapa saran, dimana saran ini semoga berguna untuk menyempurnakan penelitian lebih lanjut, adapun saran penulis sebagai berikut :

1. Berkaitan dengan laju perpindahan panas, perlu pengembangan lagi pada penyempurnaan sistem laju aliran panas pada tungku, agar kerugian panas yang terjadi diminimalisir sehingga efisiensi pembakaran naik.



2. Perlu dilakukan kembali analisa panas yang terjadi pada tungku peleburan untuk mendapatkan data yang lebih kompleks.
3. Dianjurkan agar selalu menggunakan bahan dan alat yang sesuai dengan spesifikasi agar diperoleh hasil data yang akurat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ashgi, 2009, *Rancang Bangun Dapur Kowi Pelebur Aluminium Berbahan Bakar Minyak*, Digital Library, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, <http://digilib.uns.ac.id>.
- Bahan Bakar Gas LPG*, di akses pada tanggal 10 /12/2015, <http://ariefrvi.blogspot.co.id/2013/07/hhv-dan-lhv.html>.
- Holman J P, (1997), *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Magga, R., 2010, *Analisis Perancangan Tungku Pengecoran Logam (non Ferro) Sebagai Sarana Pembelajaran Teknik Pengecoran*, *JI MT* Vol. 7, No. 1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako.
- Reynolds, W.C., & Perkins, H.C. 1983. *Termodinamika Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta Pusat.
- Sundari, E., 2011, *Rancang Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas*, *Jurnal Austenit*, Volume 3 Nomor 1, di akses pada 10/12/2015, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sears, F. W. dan Zemansky, M. W., 1994, *Fisika untuk Universitas* Jilid I. Edisi Ketujuh. Bandung: Penerbit Binacipta.
- Surdia, Tata dkk, S.1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Penerbit Pradnya Paramitha. Jakarta .
- W.F, Stoecker dan J.W, Jones. 1982. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nilai Kalor LHV & HHV Bahan Bakar*, diakses pada tanggal 25 / 07 / 2016, [http://cta.ornl.gov/bedb/appendix\\_a/Lower\\_and\\_Higher\\_Heating\\_Values\\_of\\_Gas\\_Liquid\\_and\\_Solid\\_Fuels.pdf](http://cta.ornl.gov/bedb/appendix_a/Lower_and_Higher_Heating_Values_of_Gas_Liquid_and_Solid_Fuels.pdf)