

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS PERPINDAHAN PANAS KAWAT TEMBAGA PADA ALIRAN LAMINER**

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

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD ALGI FARI**  
**1607230145**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

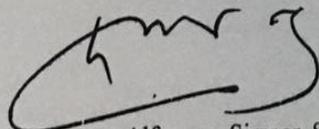
Nama : Muhammad Algi Fari  
NPM : 1607230145  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisis Perpindahan Panas Kawat Tembaga Pada Aliran  
Laminer  
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, 24 April 2021

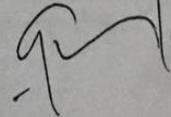
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



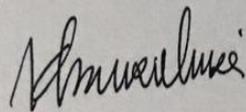
Munawar Alfanusry Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji



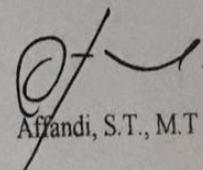
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji



Khairul Umurani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Algi Fari  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 05 November 1998  
NPM : 1607230145  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **“Analisis Perpindahan Panas Kawat Tembaga Pada Aliran Laminer”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal 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 berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2021  
Saya yang menyatakan,



Muhammad Algi Fari

## ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perpindahan panas kawat tembaga pada aliran laminar supaya kita tahu apa-apa saja yang dialami pada kawat tembaga setelah dialirkan fluida berjenis laminar. Kawat tembaga akan diberikan arus dan tegangan dari baterai sehingga kawat tembaga menjadi panas dan sangat berpengaruh jika fluida melewati permukaan kawat. Analisis ini menggunakan perhitungan Reynold untuk menentukan jenis aliran dan perhitungan konveksi untuk menentukan berapa kalor yang didiberikan pada kawat dan berapa kalor yang hilang pada kawat. Perhitungan bilangan Reynold sangat mempengaruhi bilangan-bilangan lainnya sehingga apabila bilangan Reynold semakin tinggi maka akan semakin tinggi jugalah nilai perpindahan kalor. Untuk pengambilan data dilakukan kurang lebih 5 menit sekali dengan masing kecepatan fluida sebesar 1 m / s, 1.2m / s, 1.4 m / s, 1.6m / s, dan 1.8m / s.*

*Kata kunci: Bilangan Reynold, saluran persegi panjang, kecepatan*

## ABSTRACT

*This study aims to analyze the heat transfer of copper wire in laminar flow so that we know what is experienced in copper wire after flowing laminar type fluid. The copper wire will be given current and voltage from the battery so that the copper wire becomes hot and is very influential if the fluid passes through the surface of the wire. This analysis uses Reynold's calculations to determine the type of flow and the calculation of convection to determine how much heat is applied to the wire and how much heat is lost in the wire. The calculation of Reynold's number greatly affects other numbers so that the higher the Reynold number, the higher the heat transfer value. For data collection, it is carried out approximately 5 minutes with each fluid velocity of 1 m / s, 1.2m / s, 1.4 m / s, 1.6m / s, and 1.8m / s.*

**Keywords:** *Reynold number, rectangular channel, velocity*

## 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 laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perpindahan Panas Kawat Tembaga Pada Aliran Laminer” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Sekaligus wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin , Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Bapak Sumitro dan Ibu Suhaida, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Linda Ratna Sari, Riza Fauzi Pratama, Rahmad Husein, Jody Kurniawan, Dedek Irwansyah, Muhammad Fachri, Galih Eka Dermawan. Dan lainnya yang tidak mungkin namamnya disebut satu persatu

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 Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia industri Teknik Mesin.

Medan, Mei 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'M' and 'A' followed by 'Fari'.

Muhammad Algi Fari

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1. Perpindahan Panas	3
2.2. Proses Perpindahan Kalor	4
2.2.1 Perpindahan Kalor Konduksi	4
2.2.2 Perpindahan Kalor Konveksi	5
2.2.3 Perpindahan Kalor Radiasi	5
2.2.2.1 Jenis Perpindahan Panas Konveksi	7
2.2.2.2 Hal Yang Diperhatikan	7
2.2.2.3 Pengertian Konveksi Paksa	8
2.3. Aliran Fluida	8
2.3.1 Aliran Laminar	10
2.3.2 Aliran Turbulen	11
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>14</b>
3.1 Tempat Dan Waktu	14
3.1.1 Tempat	14
3.1.2 Waktu	14
3.2 Bahan Dan Alat	15
3.2.1 Bahan	15
3.2.2 Alat	17
3.3 Bagan Alir Penelitian	32
3.4 Rancangan Alat Penelitian	33
3.5 Prosedur Penelitian	35
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>41</b>
4.1 Perhitungan Data Hasil Percobaan	41
4.2 Analisa Data	44
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpindahan kalor konduksi	5
Gambar 2.2	Dalam Perpindahan Panas Konveksi	7
Gambar 2.3	aliran diatas plat aliran eksternal	11
Gambar 3.1	Kawat Tembaga	15
Gambar 3.2	Triplek Melamin	15
Gambar 3.3	Besi Siku	16
Gambar 3.4	Baut dan Mur	16
Gambar 3.5	Saluran Segi Empat	17
Gambar 3.6	Fan Hisap	17
Gambar 3.7	Termokopel Digital	18
Gambar 3.8	Anemometer	18
Gambar 3.9	Speed Control	19
Gambar 3.10	Arduino nano	19
Gambar 3.11	Sensor Arus	20
Gambar 3.12	Sensor Tegangan	20
Gambar 3.13	Baterai	21
Gambar 3.14	Laptop	21
Gambar 3.15	Pelurus Aliran Udara	22
Gambar 3.16	Kabel	22
Gambar 3.17	Kabel Jumper	23
Gambar 3.18	USB Arduino	23
Gambar 3.19	Multimeter	24
Gambar 3.20	Thermometer	24
Gambar 3.21	Tang Potong	25
Gambar 3.22	Mesin Gerinda	25
Gambar 3.23	Mesin Bor	26
Gambar 3.24	Lem Kayu	26
Gambar 3.25	Sekrup	27
Gambar 3.26	Colokan Listrik	27
Gambar 3.27	Mikrometer	28
Gambar 3.28	Manometer	28
Gambar 3.29	Dimmer	29
Gambar 3.30	Voltmeter	29
Gambar 3.31	Amperemeter	30
Gambar 3.32	Pemanas Listrik	30
Gambar 3.33	Isolasi Asbes	31
Gambar 3.34	Pemasangan kawat Tembaga	35
Gambar 3.35	Menghidupkan fan	35
Gambar 3.36	Mengatur kecepatan	36
Gambar 3.37	Merangkai Arduino	36
Gambar 3.38	Pemasangan Sensor Arus	37
Gambar 3.39	Pemasangan Sensor tegangan	37
Gambar 3.40	Menghidupkan Baterai	38
Gambar 3.41	Mengukur Kecepatan	38
Gambar 3.42	Mengukur temperatur	39

## DAFTAR TABEL

Table 2.1	Untuk menentukan nilai Nu	8
Tabel 3.1	Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	12

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$Q_x$	Laju perpindahan panas	(Watt)
$K$	Konduktivitas panas	$(W/M^2.K)$
$A$	Luasan penampang saluran udara	$(m^2)$
$T_{in}$	Temperatur inlet dari aliran udara	(K)
$T_{out}$	Temperature outlet dari aliran udara	(K)
$D_h$	Diameter dari saluran udara	(m)
$C_p$	Panas jenis udara	$(J/Kg.K)$
$H$	Tinggi saluran udara	(m)
$L$	Panjang saluran udara	(m)
$M$	Laju aliran masa udara	$(Kg/s)$
$Q_{con}$	Laju perpindahan panas konveksi	(W)
$Q_{loss}$	Laju aliran panas yang hilang ( <i>heat loss</i> )	(W)
$V$	Kecepatan rata – rata dalam saluran udara	(m/s)
$\mu$	Viskositas dinamik udara	$(Kg/m.s)$
$H$	Koefisien perpindahan panas konveksi	$(W/M^2.K)$
$P$	Masa jenis udara	$(Kg/m^3)$
$Re$	Duct bilangan reynold	

## DAFTAR GRAFIK

Gambar 4.1	Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt	29
Gambar 4.2	Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Koefisien Perpindahan Panas	30
Gambar 4.3	Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Laju Perpindahan Panas	31
Gambar 4.4	Perbandingan nilai besar daya panas dengan kecepatan	47

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Perpindahan panas sangat penting di bidang rekayasa teknik dan aspek-aspek kehidupan. Sebagai contoh, tubuh selalu mengeluarkan panas ke lingkungan dan kenyamanan tubuh kita terkait dengan proses pembuangan panas didalam tubuh. Untuk kenyamanan kita mengendalikan laju perpindahan panas ini dengan memakai pakaian yang sesuai dengan kondisi tubuh dan lingkungan diluar tubuh kita. Banyak peralatan rumah tangga dibuat dengan memakai prinsip-prinsip perpindahan panas, seperti : peralatan masak, oven, setrika, mesin mobil, knalpot, pendingin ruangan dan lain-lain. Mengingat pentingnya perpindahan panas ini didalam rekayasa teknik maka dilakukan penelitian Perpindahan Panas Kawat Tembaga yang di alirkan fluida untuk mengetahui studi perpindahan panas konveksi pada kawat.

Kenapa pada kawat tembaga? Karena kawat tembaga ini memiliki frekuensi respon yang tinggi serta resolusi yang baik jika dibandingkan dengan alat yang lain.

Aliran fluida merupakan salah satu fenomena yang dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Melihat cakupan yang sangat luas dari fenomena aliran fluida, potensi untuk diadakannya penelitian terhadap fenomena aliran fluida juga sangat besar. Banyak sekali peneliti yang melakukan berbagai macam penelitian tentang fenomena aliran fluida. Hingga saat ini, permasalahan yang muncul pada penelitian tentang aliran fluida mulai kompleks. Oleh karena itu, didukung dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, para peneliti mulai mengembangkan dan membuat metode-metode baru dalam pemecahan masalah aliran fluida yang kompleks. Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menginspirasi manusia untuk menciptakan sesuatu hal yang berguna bagi kehidupan manusia itu sendiri. Demikian halnya dengan aplikasi di bidang mekanika fluida, baik dalam dunia industri maupun dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu bagian yang dipelajari adalah aliran Laminer dan Turbulen.

## 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana perpindahan panas yang dialami pada kawat tembaga disebabkan aliran laminar.

## 1.3. Ruang Lingkup

Penelitian kali ini akan menggunakan kawat tembaga yang halus dengan berdiameter 0.15 mm sebagai alat berpindahnya kalor dari temperatur yang tertinggi ke temperatur yang lebih rendah.

## 1.4. Tujuan

### 1.4.1 Tujuan Umum

Untuk menganalisis perpindahan panas kawat tembaga pada aliran laminar

### 1.4.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui perpindahan panas aliran laminar pada kawat tembaga
2. Untuk menghitung perpindahan panas yang dialami pada kawat tembaga

## 1.5. Manfaat

1. Dalam penelitian ini diharapkan memberi manfaat sehingga kita dapat mengetahui pengetahuan yang ada didalam perpindahan panas serta kita dapat menghitung perpindahan panas pada kawat tembaga
2. Penelitian ini diharapkan memberi kontribusi kepada kita sehingga kita dapat menghitung perpindahan panas kawat tembaga pada aliran laminar ini.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya. Dalam mempelajari perpindahan panas tidak hanya mencoba untuk menjelaskan bagaimana suatu energi dapat berpindah dari satu daerah ke daerah lainnya, tetapi dapat juga mempelajari laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu.

Ilmu perpindahan panas melingkupi hukum pertama dan kedua termodinamika. Hukum pertama termodinamika, mengatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dihilangkan tetapi hanya dapat berubah dari satu bentuk menjadi bentuk lain. Hukum termodinamika telah mengatur semua perubahan bentuk energi secara kuantitas tetapi tidak juga membatasi arah perubahan bentuk itu. Adalah perpindahan bersih panas dari suatu daerah yang temperaturnya lebih rendah ke suatu daerah yang temperaturnya lebih tinggi, dikenal sebagai hukum kedua termodinamika. (Santoso et al., 2017)

Dalam aktivitas keseharian, apa yang menjadi kegiatan kita tidak terlepas dari konsep kalor. Banyak peralatan rumah tangga dibuat dengan memakai prinsip-prinsip perpindahan kalor. Perpindahan kalor adalah perpindahan energi yang terjadi pada benda atau material yang bertemperatur tinggi ke benda atau material yang bertemperatur rendah, hingga tercapainya kesetimbangan panas. Perpindahan kalor (*heat transfer*) adalah ilmu untuk meramalkan atau menggambarkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur di antara benda atau material. Bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Proses di mana perpindahan energi itu berlangsung disebut perpindahan panas. Perpindahan panas akan terjadi apabila ada perbedaan temperatur antara 2 bagian benda. Panas akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Terdapat tiga macam proses perpindahan energi kalor. Proses tersebut adalah perpindahan energi secara konduksi, konveksi dan radiasi. (Rokhimi & Pujayanto, 2015)

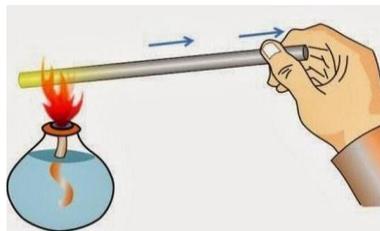
Proses perpindahan panas merupakan salah satu wujud transformasi energi dan sangat penting dalam berbagai bidang teknologi. Industri permesinan, pesawat terbang, pengeringan, pendinginan dan sebagainya selalu melibatkan perpindahan panas. Menurut (Kreith, 1973) perpindahan panas merupakan proses perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah yang lain sebagai akibat dari gradien temperatur. Umumnya mekanisme perpindahan panas dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu konduksi, radiasi dan konveksi. Perpindahan panas konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan gradien temperatur, maka dikatakan sebagai konveksi bebas/alamiah (Cassidy & Houlsby, 2010)

## 2.2 Proses Perpindahan Kalor

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur antara daerah tersebut. Secara umum ada 3 cara proses perpindahan panas yaitu :

### 2.2.1 Perpindahan kalor secara konduksi.

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan energi yang terjadi pada media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih energi ke partikel yang kurang energi pada benda akibat interaksi antar partikel-partikel seperti pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi (Sumber: belajarbagus.net)

Untuk mengetahui laju perpindahan panas secara radiasi dapat digunakan rumus perhitungan laju perpindahan panas seperti berikut ini:

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

$Q$  = Besar Laju Perpindahan Panas Konduksi

$K$  = Konduktivitas termal bahan (W/m. K)

$dT/dx$  = Temperature gradient

$A$  = Luasan permukaan perpindahan panas (m<sup>2</sup>)

(-) = Perpindahan panas temperatur tinggi ke temperatur rendah.

### 2.2.2 Perpindahan kalor secara konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan padat dan fluida yang bergerak atau mengalir akibat adanya perbedaan temperatur. Secara umum konveksi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Konveksi bebas (free convection) atau natural convection, yaitu konveksi dimana aliran fluida terjadi bukan karena dipaksa oleh suatu alat, tetapi disebabkan karena gaya apung (buoyancy force).

2. Konveksi paksa (force convection), yaitu konveksi yang terjadi dimana aliran fluida disebabkan oleh peralatan bantu seperti fan, blower dan lain-lain.

3. Konveksi dengan perubahan fase, yaitu sama seperti pendidihan (boiling) dan pengembunan (kondensasi). Persamaan laju perpindahan panas konveksi, bila  $T_s > T_\infty$  adalah :

$$q = hA(T_\infty - T_s) \quad (2.2)$$

Keterangan :

$q$  = Besar laju perpindahan konveksi (W)

$h$  = Koefisien konveksi (W/m<sup>2</sup> K)

$A$  = Luasan permukaan perpindahan panas (m<sup>2</sup>)

$(T_s - T_\infty)$  = Perbedaan temperatur (K)

### 2.2.3 Perpindahan kalor secara Radiasi

Radiasi thermal adalah energi yang diemisikan oleh benda yang berada pada temperatur tinggi, dimana merupakan perubahan dalam konfigurasi elektron dari atom.

Energi dari medan radiasi di transportasikan oleh gelombang elektromagnetik atau lainnya. Photon berasal dari energy dalam sebuah elektron yang memancar

Pada perpindahan panas konduksi dan konveksi adalah mutlak membutuhkan media. Sedangkan pada perpindahan panas radiasi tidak diperlukan media. Kenyataannya perpindahan panas radiasi lebih efektif terjadi pada ruang hampa. (Murti, 2012)

Untuk mengetahui laju perpindahan panas secara radiasi dapat digunakan rumus perhitungan laju perpindahan panas seperti berikut ini: (Wahyono & Rochani, 2019)

$$Q = \sigma \varepsilon A^1 F_1 \rightarrow 2(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.3)$$

Q = laju perpindahan panas (W)

$\sigma$  = konstanta boltzman ( $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

$\varepsilon$  = emisivitas permukaan benda

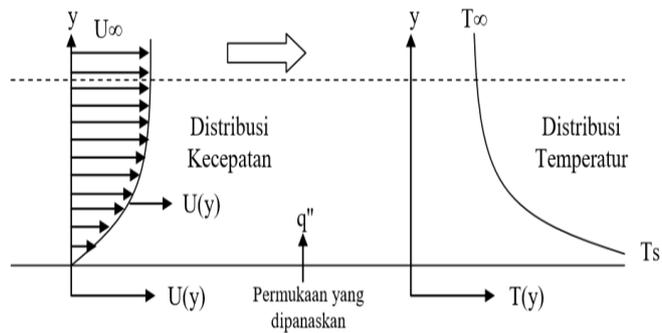
A1 = luas permukaan benda 1 ( $\text{m}^2$ )

T1 = temperatur benda 1 ( $^{\circ}\text{K}$ )

T2 = temperatur benda 2 ( $^{\circ}\text{K}$ )

Besar koefisien konveksi panas pada aliran udara dalam pipa dengan hembusan blower DC yang mana variasi temperatur secara aksial pada fluk panas permukaan konstan adalah merupakan pembagian dari fluk panas permukaan

dengan selisih temperatur. Berdasarkan uraian di atas maka akan dilakukan suatu pengujian variasi kecepatan blower dan pemanas pipa pada alat konveksi paksa yang berupa pipa yang dililit oleh kawat yang mendapat hembusan dari blower DC. Konveksi untuk menunjukkan pada perpindahan panas yang akan terjadi antara permukaan dan fluida yang bergerak ketika mereka berada pada perbedaan temperatur. Perpindahan panas konveksi terdiri dari dua mekanisme yaitu perpindahan energi sebagai akibat dari pergerakan molekular acak dan ada juga energi yang dipindahkan oleh pergerakan secara mikroskopis dari fluida. Perpindahan panas konveksi yang terjadi antara fluida yang bergerak dan batas permukaan, ketika keduanya berada pada temperatur yang berbeda. Perhatikan pada aliran fluida di atas permukaan yang dipanaskan ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengembangan Lapisan Batas Dalam Perpindahan Panas Konveksi (Walujodjati, 2013)

#### 1.4.2.1 Jenis Perpindahan Panas Konveksi

Menurut keadaan alirannya perpindahan panas secara konveksi dikategorikan menjadi dua yaitu :

1. Konveksi bebas yang mana aliran fluida disebabkan oleh adanya variasi masa jenis yang selalu diikuti dengan adanya perbedaan temperatur dalam fluida.
2. Konveksi paksa yang mana aliran disebabkan oleh beberapa cara yang berasal dari luar. Misalnya dari fan, pompa, ataupun tiupan angin.

#### 1.4.2.2 Hal Yang Diperhatikan Dalam Perpindahan Konveksi

Perpindahan panas konveksi sebagai perpindahan energi terjadi dalam fluida akibat dari efek kombinasi dari konduksi dan pergerakan kasar fluida. Adapun energi yang dipindahkan adalah energi dalam fluida. Begitu pula dengan konveksi sebagai pertukaran panas latent yang dihubungkan dengan perubahan fase antara keadaan cairan dan uap fluida. Dengan memperhatikan kondisi aliran fluida tanpa melihat cara perpindahan panas konveksi persamaan laju dinyatakan dalam bentuk :  $q'' = h (T_s - T_\infty)$  dimana  $q''$ , flux panas konveksi ( $W/m^2$ ) adalah berbanding lurus dengan perbedaan temperatur antara permukaan & fluida untuk masing-masing  $T_s$  dan  $T_\infty$  (temperatur). Sedangkan  $h$  adalah koefisien konveksi lokal atau koefisien perpindahan panas. Adapun koefisien perpindahan panas tergantung pada geometri permukaan, cara dari pergerakan fluida dan sejumlah dari sifat termodinamika dan transport dari fluida. Perpindahan panas seperti konduksi, konveksi dan radiasi bergantung kepada pemilihan material tersebut. (Sudirman Lubis, 2019)

### 1.4.2.3 Pengertian Konveksi Paksa

Konveksi paksa adalah perpindahan panas yang mana dialirannya tersebut berasal dari luar, seperti dari blower atau kran dan pompa. Konveksi paksa dalam pipa merupakan persolaan 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. (Walujodjati, 2013)

Adapun perhitungan perpindahan panas pada kawat menggunakan bilangan Reynolds dengan rumus yaitu : ( J.P Holman, 1993 )

$$Re_d = \frac{u_{\infty} d}{\nu_f} \quad (2.4)$$

Dan nilai koefisien perpindahan kalor ialah

$$h = Nu_d \left( \frac{k}{d} \right) \quad (2.5)$$

Untuk menentukan Nu menggunakan persamaan (6-17) Table 2.1

(JP Holman 1221)

$Re_{df}$	$C$	$n$
0.4–4	0.989	0.330
4–40	0.911	0.385
40–4000	0.683	0.466
4000–40,000	0.193	0.618
40,000–400,000	0.0266	0.805

Perpindahan kalor persatuan panjang tentulah

$$\frac{q}{L} = \pi dh(T_w - T_{\infty}) \quad (2.6)$$

### 2.3 Aliran Fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir dan menyesuaikan diri dengan tempatnya serta tidak mampu menahan pengaruh gaya geser. Fluida dapat berpindah berdasarkan perbedaan tekanan. Aliran fluida adalah suatu perpindahan fluida dari titik satu ke titik yang lainnya. Dari segi mekanik, fluida dibagi menjadi dua macam yaitu statika fluida (fluida diam) dan dinamika fluida (fluida alir). (Fitriani et al., 2000)

Fluida adalah zat yang dapat bergerak ketika dikenai gaya. Fluida dapat berubah bentuk dan bersifat tidak permanen. Fluida membentuk berbagai jenis benda padat sesuai dengan bentuk benda yang dilewatinya. Karakteristik aliran fluida meliputi tekanan statis, tekanan dinamis, total tekanan, kecepatan fluida dan tegangan geser. (Dewi et al., 2020)

Kecepatan aliran merupakan salah satu faktor yang akan menentukan jenis (regime) aliran fluida, apakah aliran Laminer atau Turbulen. Jenis aliran ini ditentukan berdasarkan suatu angka yang disebut angka Reynold ( $Re$ ). Bila  $Re > 2300$  maka aliran dikatakan laminar. Bila  $Re < 2300$ .

Aliran fluida di dalam sebuah pipa mungkin merupakan aliran laminar atau aliran turbulen. Osborne Reynolds (1842- 1912), ilmuwan dan ahli matematika Inggris, adalah orang yang pertama kali membedakan dua klasifikasi aliran ini dengan menggunakan sebuah peralatan sederhana. Untuk laju aliran yang cukup kecil, guratan zat pewarna (sebuah garis- gurat) akan tetap berupa garis yang terlihat jelas selama mengalir, dengan hanya sedikit saja menjadi kabur karena difusi molekuler dari zat pewarna ke air di sekelilingnya. Untuk suatu laju aliran sedang yang lebih besar, guratan zat pewarna berfluktuasi menurut waktu dan ruang, dan olakan putus- putus dengan perilaku tak beraturan muncul di sepanjang guratan. Sementara itu, untuk laju aliran yang cukup besar guratan zat pewarna dengan sangat segera menjadi kabur dan menyebar di seluruh pipa dengan pola yang acak. Ketiga karakteristik ini, yang masing-masing disebut sebagai aliran laminar, transisi dan turbulen. Kita tidak seharusnya menyebutkan besaran berdimensi sebagai "besar" atau "kecil" seperti "laju aliran yang cukup kecil". (Hariyono, Gatut Rubiono, 2016)

Aliran fluida melalui pipa akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi atau lebih dikenal dengan istilah "head loss" selama aliran fluida berlangsung. Head loss dapat dibedakan menjadi dua bagian, yakni Head loss mayor (major head loss) dan Head loss minor (minor head loss). Major head loss diakibatkan karena gesekan yang terjadi selama aliran berlangsung di sepanjang pipa, dimana besarnya head loss mayor sangat bergantung pada karakteristik aliran fluida.

Head loss ini merupakan penurunan tekanan yang terjadi akibat gesekan fluida dengan dinding pipa. sedangkan minor head loss terjadi akibat adanya

perubahan diameter, sambungan-sambungan di pipa, belokan dan adanya keran. Dengan mengetahui besarnya kehilangan energi yang terjadi maka akan diketahui besarnya energi (head) dan daya yang harus diberikan ke sistem oleh peralatan tambahan seperti pompa yang umumnya terdapat pada sistem hidrodinamika. (Syahrul et al., 2016)

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan berbagai studi telah dilakukan untuk mengamati kerugian-kerugian yang terjadi pada sistem perpipaan. Selama fluida mengalir melalui pipa akan terjadi kerugian gesekan antara fluida dengan dinding-dinding pipa, yang disebut dengan mayor losses. Pada umumnya kerugian mayor losses semakin besar pada permukaan yang kasar dan dapat dikurangi dengan menggunakan permukaan yang lebih halus seperti kaca, akrilik ataupun dengan pelapisan bahan yang lainnya. Berdasarkan klasifikasinya pada aliran bilangan Reynolds dibagi menjadi 3 yaitu: aliran laminer  $Re < 2000$ , aliran turbulen  $Re > 2300$ , dan aliran transisi,  $Re = 2000 - 2300$ . (Rachmat Subagyo, 2016)

dalam kondisi berubah baik kecepatan maupun penampang lintasan. Pada umumnya arah aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga aliran, yaitu:

1. Aliran laminer; suatu aliran yang memiliki arah sejajar dengan pipa dan teratur.
2. Aliran turbulen; suatu aliran yang memiliki arah tidak beraturan.
3. Aliran transisi; aliran peralihan antara laminer menjadi turbulen, begitupun sebaliknya. Arah aliran fluida dapat ditentukan dengan persamaan bilangan Reynolds ( $Nre$ ). (Fitriani et al., 2000)

$$Nre = \frac{D.v.\rho}{\mu} \quad (2.7)$$

### 2.3.1 Aliran Laminer

Aliran laminer adalah aliran yang bergerak dalam lapisan-lapisan, dimana pertukaran momentum dan massa yang terjadi secara molekular dalam skala submikroskopis dari lapisan yang mempunyai kecepatan relatif tinggi menuju lapisan yang lain yang memiliki kecepatan lebih rendah. Partikel-partikel fluida bergerak secara berurutan mengikuti lintasan yang teratur dan memiliki kecepatan yang tetap. Kecenderungan aliran laminer menjadi turbulen diredam dengan gaya-

gaya viskos yang memberikan hambatan terhadap gerak relatif lapisan-lapisan fluida. Besar Bilangan *Reynold* untuk aliran laminar adalah:

- $Re < 5.10$  untuk aliran eksternal
- $Re > 2300$  untuk aliran internal

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadi gerakan relative antara lapisan. (Halli, 2012)

Laminer adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dan garis-garis arusnya halus. Dalam aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminar. Aliran laminar bersifat steady maksudnya alirannya tetap. "Tetap" menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan aliran tidak berubah menurut waktu. Aliran fluida pada pipa, diawali dengan aliran laminar kemudian pada fase berikutnya aliran berubah menjadi aliran turbulen. Fase antara laminar menjadi turbulen disebut aliran transisi. Aliran laminar mengikuti hukum Newton tentang viskositas yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Tetapi pada viskositas yang rendah dan kecepatan yang tinggi aliran laminar tidak stabil dan berubah menjadi aliran turbulen. Bisa diambil kesimpulan mengenai ciri-ciri aliran laminar yaitu: fluida bergerak mengikuti garis lurus, kecepatan fluidanya rendah, viskositasnya tinggi dan lintasan gerak fluida teratur antara satu dengan yang lain. Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. (Umurani & Muharnif, 2019)

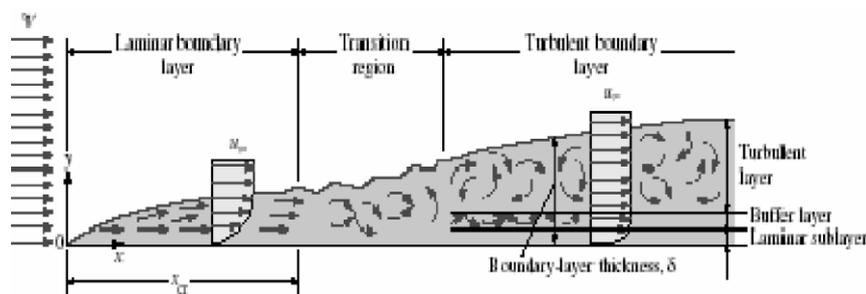
### 2.3.2 Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran partikel-partikel fluidanya bergerak secara acak dengan kecepatan yang berfluktuasi dan saling interaksi antar gumpalan-gumpalan fluida. Ciri-ciri dari aliran turbulen adalah tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah (Arief et al., 2013) Pada

aliran turbulen tidak terlihat lagi adanya lapisan fluida (lamina-lamina) sehingga aliran fluida dianggap sebagai bongkahan fluida yang bergerak secara acak. Besar bilangan *Reynold* untuk aliran turbulen adalah :

- $Re > 5.10$  untuk aliran eksternal
- $Re > 4000$  untuk aliran internal

Aliran akan mengalami proses transisi dari aliran liminar ke aliran turbulen sebelum aliran tersebut turbulen. Pada aliran internal, aliran transisi dan aliran laminar ke aliran turbulen terjadi pada bilangan *Reynold* antara 2300 – 4000 proses transisi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Proses berkembangnya aliran diatas plat aliran eksternal (Halli, 2012)

Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan Ciri dari cairan turbulen: tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaranpusaran dalam aliran, yang menghasilkan percampuran terus menerus antara partikel partikel cairan di seluruh penampang aliran. Untuk membedakan aliran apakah turbulen atau laminar, terdapat suatu angka tidak bersatuan yang disebut Angka Reynold (Reynolds Number).

Aliran di dalam sebuah pipa adalah laminar, transisi atau turbulen jika bilangan Reynoldsnya "cukup kecil", "sedang" atau "cukup besar". Bukan hanya kecepatan fluida yang menentukan sifat aliran, namun kerapatan, viskositas dan diameter pipa juga sama pentingnya. Parameter-parameter ini menghasilkan bilangan Reynolds. Perbedaan antara aliran pipa laminar dan turbulen dan

ketergantungannya terhadap sebuah besaran tak berdimensi yang sesuai pertama kali ditunjukkan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883. Kisaran bilangan Reynolds di mana akan diperoleh aliran pipa yang laminar, transisi atau turbulen tidak dapat ditentukan dengan tepat. Transisi yang aktual dari aliran laminar ke turbulen mungkin berlangsung pada berbagai bilangan Reynolds, tergantung pada berapa besar aliran terganggu oleh getaran pipa, kekasaran dari daerah masuk, dan hal-hal sejenis, lainnya. Jika aliran turbulen melewati pada rusuk dan terjadi Koefisien perpindahan panas pada jarak rusuk yang lebih rapat memberikan perpindahan panas yang lebih baik dan Penurunan tekanan  $P_a$  pada jarak rusuk yang rapat lebih tinggi dibandingkan dengan penurunan tekanan pada jarak rusuk yang lebih renggang. (K.Umurani, 2021)

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya penelitian “Analisis Perpindahan Panas Kawat Tembaga Pada Aliran Laminer” di laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan

#### 3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kanya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi literatur						
3	Penyediaan alat dan bahan						
4	Penulisan proposal BAB 1 s/d BAB 3						
5	Seminar proposal						
6	Perancangan desain saluran segi empat dengan rusuk						
7	Menganalisa perpindahan panas saluran segi empat dengan rusuk						
8	Penulisan laporan akhir						
9	Seminar hasil dan sidang sarjana						

## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1 Bahan

#### 1. Kawat Tembaga

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kawat tembaga berdiameter 0,15 mm. Kawat tembaga dijadikan sebagai alat uji, kawat tembaga ini akan dipanaskan sehingga terjadi perpindahan panas konveksi setelah dialirkan fluida dan kawat tembaga ini diletakkan pada bagian masuk saluran. Seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Kawat Tembaga

#### 2. Triplek Melamin

Triplek melamin digunakan untuk sebagai tempat lajunya fluida mengalir. Triplek ini akan dibuat menjadi saluran segi empat dengan ukuran 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Triplek Melamin

### 3. Besi siku berlubang

Besi siku berlubang digunakan untuk sebagai dudukan saluran atau bisa dibilang kaki saluran supaya saluran tidak mudah bergerak-gerak atau bergeser. Besi yang digunakan untuk saluran segiempat ini yaitu berukuran 30 x 30 mm, dan tebal 1,2 mm seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Besi siku berlubang

### 4. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk menggabungkan besi-besi siku berlubang menjadi satu bagian supaya saluran bisa diletakan diatas besi tersebut. Seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Baut dan Mur

### 3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat –alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Adapun Bahan dan alat yang digunakan dalam analisa perpindahan panas pada saluran segi empat adalah sebagai berikut:

#### 1. Saluran udara segiempat

Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapiskan melamin Dimana triplek dibentuk menjadi segi empat sebagai tempat fluida mengalir. Saluran ini berukuran dimensi penampang bagian dalam sebesar 150 mm x 75 mm x 2000 mm. Seperti pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Alat penelitian pada saluran segiempat

#### 2. Fan Hisap

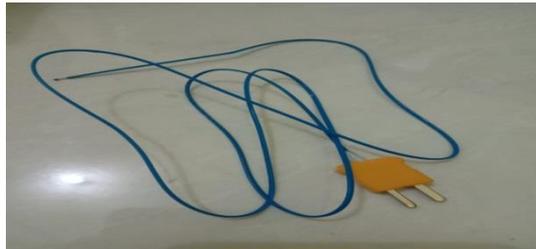
Fan hisap merupakan modifikasi sedemikian rupa dari blower, gunanya adalah untuk menghisap udara dari luar sehingga udara akan masuk atau mengalir kedalam saluran. Fan ini diletak pada bagian ujung saluran. seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Fan Hisap

### 3. Termokopel Digital

Termokopel digital ini dipasang di tiap titik bagian masuk saluran dan bagian keluar saluran, gunanya adalah untuk mengukur temperatur udara masuk dan mengukur temperatur udara keluar dan hasil temperatur yang didapat akan tertera di termokopel digital. Seperti pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Termokopel Digital

### 4. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam saluran udara segiempat. Anemometer ini akan diletakkan pada bagian masuk saluran. Seperti pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Anemometer

## 5. Speed Controller

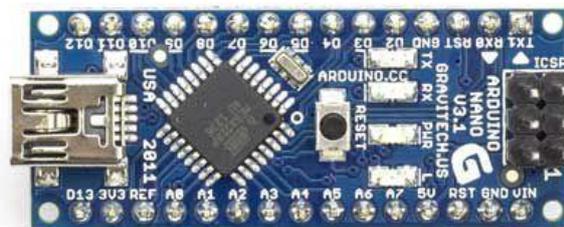
Speed controller digunakan untuk mengatur kecepatan fan hisap agar kita bisa mendapatkan kecepatan aliran udara yang kita inginkan. Seperti pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Speed controller

## 6. Arduino Nano

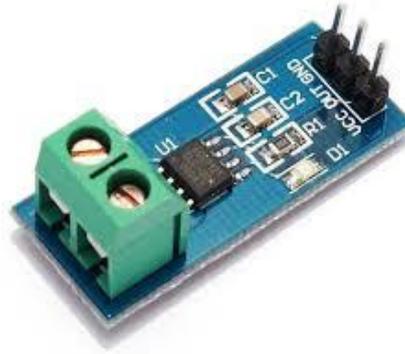
Arduino nano digunakan untuk mengambil data-data yang di tangkap oleh sensor seperti data arus dan tegangan pada baterai dan menghubungkannya langsung ke komputer. Seperti pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Arduino Nano

## 7. Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk mendeteksi arus pada baterai di dalam sebuah kabel, dan menghubungkannya langsung ke Arduino. Seperti pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Sensor arus

## 8. Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai tegangan atau mendeteksi tegangan pada baterai dan langsung menghubungkannya ke Arduino. Seperti pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Sensor tegangan

## 9. Baterai 3,7 Volt

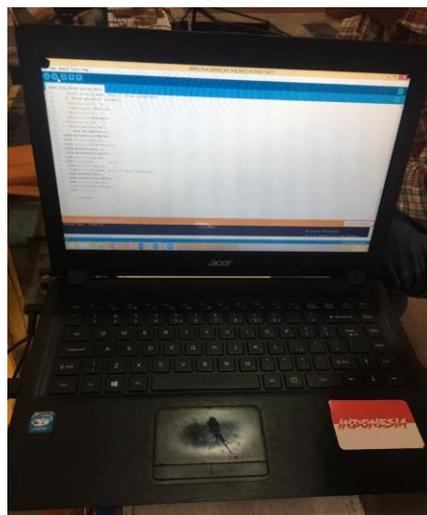
Baterai digunakan untuk menyediakan arus listrik pada kawat tembaga sehingga kawat tembaga menjadi panas. Baterai ini bertegangan sebesar 3,7 Volt dan 35 Ampere. Seperti pada gambar 3.13



Gambar 3.13 baterai

## 10. Laptop

Laptop digunakan untuk menerima inputan dari sensor dan arduino sehingga data yang dihasilkan akan tertampil dilaptop tersebut. Seperti pada gambar 3.14 Sensor yang digunakan dalam penelitian ini yakni DS18B20 menggunakan bahasa program Arduino Uno dan dihubungkan computer.(C A Siregar, 2019)



Gambar 3.14 Laptop

#### 11. Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

Terbuat dari sedotan plastik berdiameter 5 mm, panjang 200 mm yang disusun sedemikian sehingga membentuk segiempat dengan dimensi 150 mm x 75 mm x 200 mm, dipasang pada bagian masuk saluran.



Gambar 3.15 Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

#### 12. Kabel

Kabel berfungsi sebagai mengalirkan arus listrik dari baterai ke kawat tembaga. Seperti pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Kabel

### 13. Kabel Jumper

berfungsi untuk menghubungkan perangkat-perangkat sensor ke arduino. Arduino memiliki pin-pin yang harus dihubungkan ke sensor-sensor maka kabel jumper ini lah sebagai alat untuk menghubungkannya. Seperti pada gambar 3.17



Gambar 3.18 Kabel Jumper

### 14. USB Arduino

USB Arduino berfungsi untuk mengirimkan program ke **arduino** dan juga sebagai port komunikasi serial. USB ini lah salah satu alat penghubung antara Arduino ke Laptop. Seperti pada gambar 3.18



Gambar 3.18 USB Arduino

## 15. Multimeter

Multimeter berfungsi untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari baterai pada saat pengujian. Jika kita ingin mendapatkan arus dan tegangan dari baterai secara manual maka kita bias menggunakan multimeter ini. Seperti pada gambar 3.19



Gambar 3.19 Multimeter

## 16. Thermometer

Thermometer berfungsi sebagai alat untuk mengukur temperatur pada kawat tembaga yang sudah dipanaskan. Seperti pada gambar 3.20



Gambar 3.20 Thermometer

### 17. Tang Potong

Tang potong berfungsi sebagai pemotong kabel dan juga penjepit kabel. Tang potong merupakan jenis tang yang sering digunakan dalam teknik listrik pula. Yang berfungsi khusus untuk memotong kabel maupun mengupas kulit kabel. Dikarenakan jenis tang tersebut di desain tajam.



Gambar 3.21 Tang Potong

### 18. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk mengasah/memotong besi-besi untuk membuat besi siku dan komponen lainnya. Seperti pada gambar 3.22



Gambar 3.22 Mesin Gerinda

## 19. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk melubangi besi siku dan komponen lainnya. Seperti pada gambar 3.23



Gambar 3.23 Mesin Bor

## 20. Lem kayu

Lem kayu digunakan untuk merekatkan triplek melamin menjadi bentuk segi empat saluran. Seperti pada gambar 3.24



Gambar 3.24 lem kayu

## 21. Sekrup

Sekrup adalah sebuah batang logam berukuran mini yang bertujuan untuk mengikat atau menyambung triplek melamin menjadi bentuk segi empat. Sekrup memiliki ulir heliks pada bagian batangnya yang berfungsi sebagai “perekat” guna menghasilkan daya ikat yang kencang dan akurat.



Gambar 3.25 Sekrup

## 22. Colokan Listrik

Colokan listrik berfungsi sebagai penghantar listrik menuju tempat lain atau stop kontak. Seperti pada gambar 3.26



Gambar 3.26 Colokan Listrik

### 23. Mikrometer

Mikrometer berfungsi sebagai alat pengukur ketebalan pada kawat tembaga. Seperti pada gambar 3.27



Gambar 3.27 Mikrometer

### 24. Manometer tipe U

Manometer digunakan untuk mengukur penurunan tekanan udara yang terjadi antara sisi masuk dan sisi keluar seksi uji. Manometer pipa U terbuat dari selang plastik berdiameter 5 mm yang kedua ujungnya ditempatkan pada awal dan akhir dari seksi uji sejauh 250 mm, sehingga dapat mengukur besarnya beda tekanan yang terjadi antara keduanya. Fluida yang digunakan dalam manometer ini adalah solar.



Gambar 3.28 Manometer

## 25. Dimmer

Dimmer adalah sebuah rangkaian komponen elektronika dari input sinyal AC kemudian sinyal tersebut diproses Menjadi sinyal AC Phase maju dari pada sinyal AC inputan, yang menyebabkan Penurunan Daya (Watt).



Gambar 3.29 Dimmer

## 26. Voltmeter digital

Voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik yang dibutuhkan *heater* untuk mencapai temperatur permukaan *base plate* yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.30



Gambar 3.30 Voltmeter

## 27. Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang dibutuhkan *heater* untuk mencapai temperature *base plate* yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.31



Gambar 3.31 Amperemeter

## 28. Pemanas Listrik (*Electric Heater*).

Terbuat dari lilitan kawat nikelin dengan panjang 10 m, dan diameter 0,5. jumlah lilitan pada kertas mika 26 lilitan yang dililitkan pada kertas mika tahan panas dengan dimensi panjang 180 mm, lebar 130 mm, dan tebal 0,5 mm.



Gambar 3.32 Pemanas Listrik (*electric heater*)

## 29. Isolasi Asbes

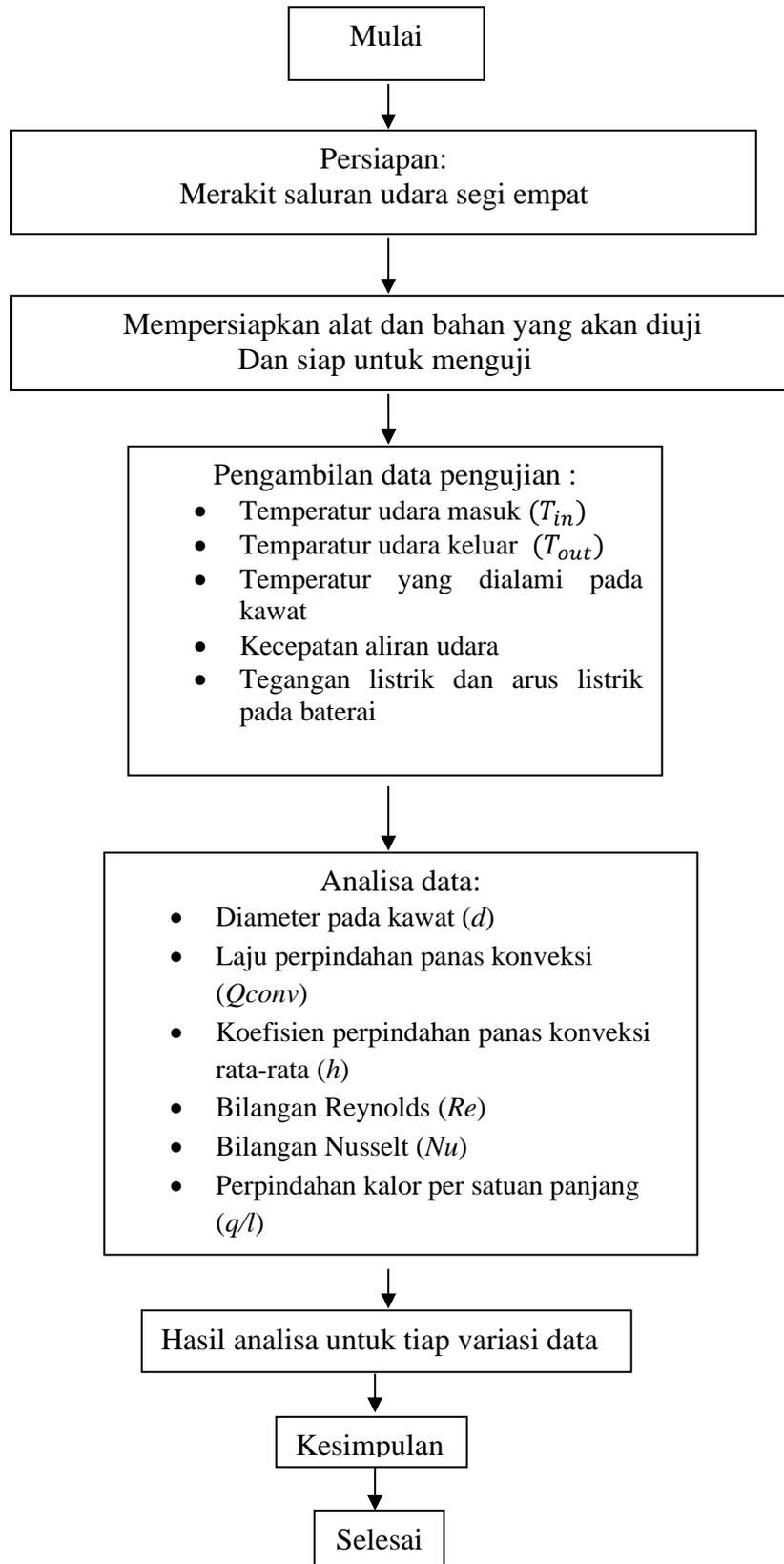
Isolasi asbes diletakkan di bawah pemanas listrik, berfungsi untuk memberikan isolasi pada pemanas. Seperti pada gambar 3.33



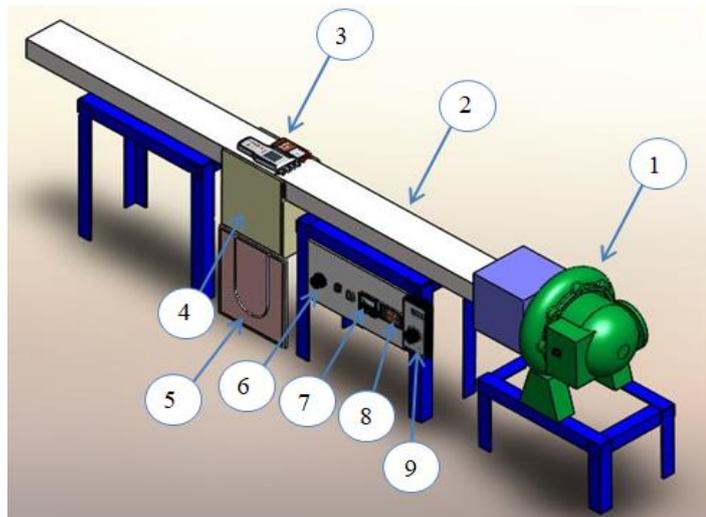
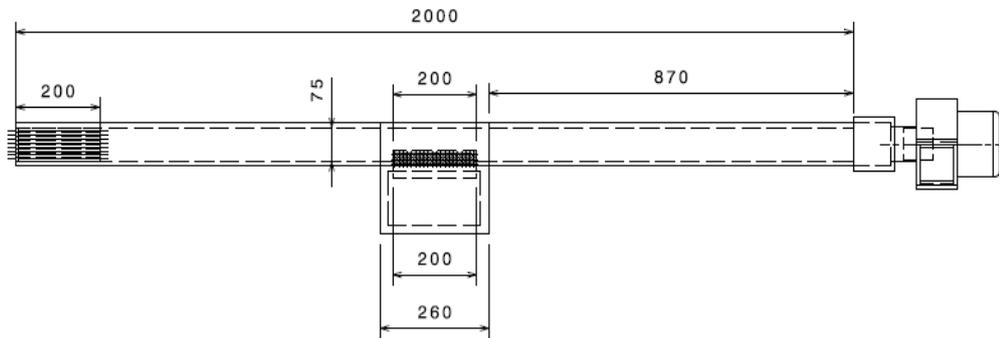
Gambar 3.33 Isolasi Asbes

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut:

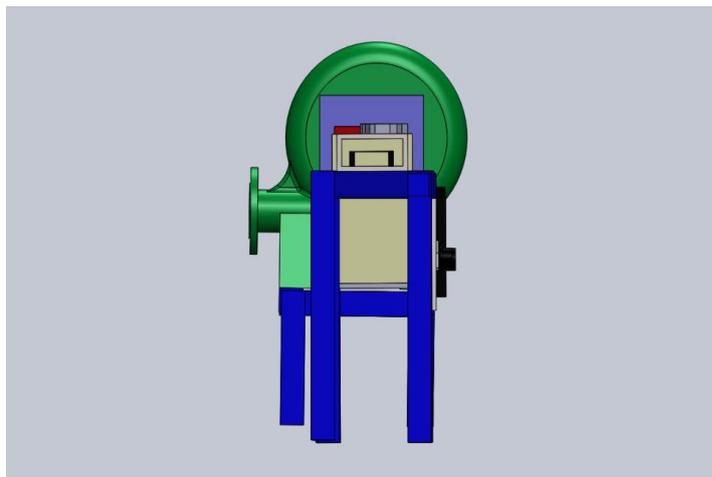
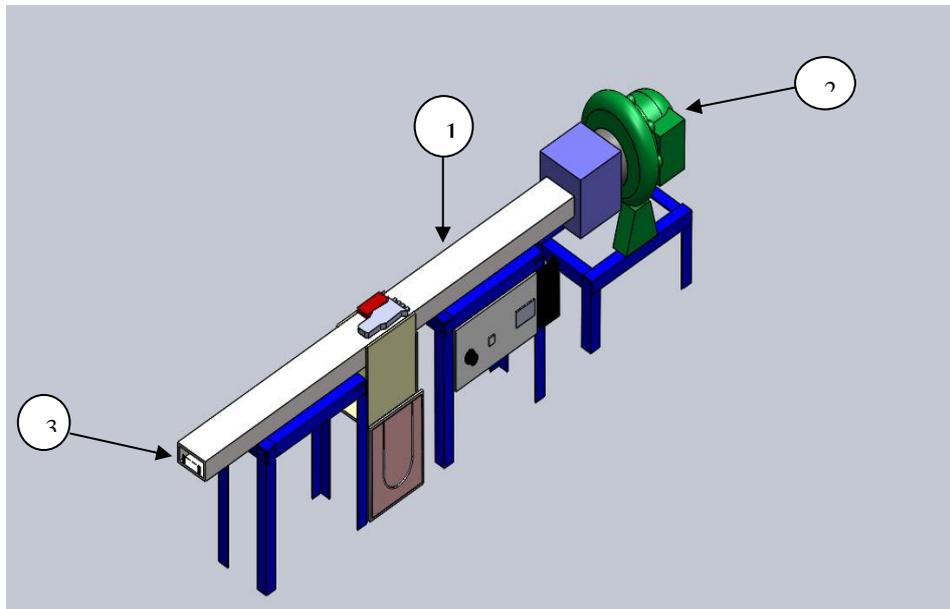


### 3.4 Rancangan Alat Uji



Bagian-bagian alat penelitian secara keseluruhan :

1. Blower
2. Saluran segiempat
3. Thermocouple digital
4. Rumah heater
5. Monometer U
6. dimmer
7. Voltmeter
8. Ampermeter digital
9. Speed controller
10. Rusuk V



Bagian-Bagian Alat Penelitian :

1. Saluran Segi Empat
2. Fan
3. Kawat Tembaga

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Langkah Langkah Pemasangan Alat

Adapun langkah-langkah pemasangan alat sebagai berikut:

1. Memasang kawat tembaga ke bagian saluran masuk udara. Seperti pada gambar 3.34



Gambar 3.34 Pemasangan kawat Tembaga

2. Menghidupkan *fan* hisap seperti pada gambar 3.35



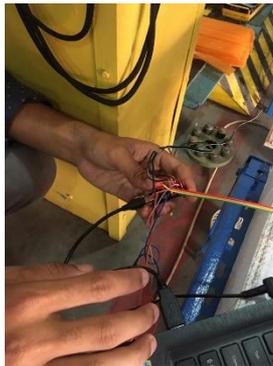
Gambar 3.35 Menghidupkan fan

3. Mengatur kecepatan udara sebesar 1 m/s dengan mengatur putaran *fan hisap* menggunakan speed control seperti pada gambar 3.36



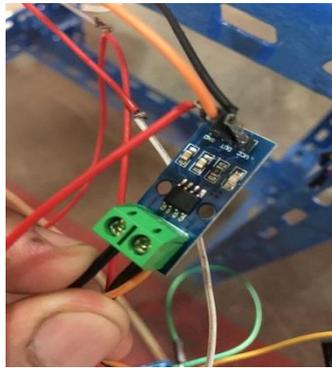
Gambar 3.36 Mengatur kecepatan

4. Merangkai atau menghubungkan Arduino ke Laptop. seperti pada gambar 3.37



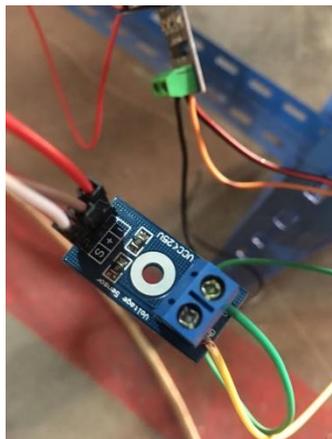
Gambar 3.37 Merangkai Arduino dan Laptop

5. Memasang rangkaian sensor arus untuk menghubungkannya ke baterai dan menginputkannya ke aduino. Seperti pada gambar 3.38



Gambar 3.38 Pemasangan Sensor Arus

6. Memasang rangkaian sensor tegangan untu menghubungkan ke Bateai dan menginputkannya ke Arduino. Seperti pada gambar 3.39



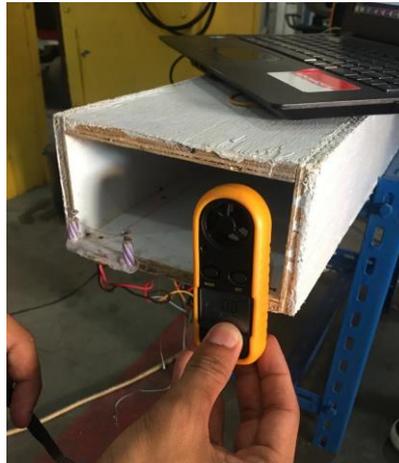
Gambar 3.39 Pemasangan Sensor tegangan

7. Membuat rangkaian Baterai. Menghubungkan baterai ke sensor dan menghubungkannya ke kawat tembaga sehingga kawat menjadi panas. Seperti pada gambar 3.40



Gambar 3.40 Menghidupkan Baterai

8. Mengukur kecepatan pada aliran menggunakan Anemometer. Anemometer ini akan diletakkan dibagian masuk saluran untuk mempermudah pengambilan data. Seperti pada gambar 3.41



Gambar 3.41 Mengukur Kecepatan

9. Mengukur temperatur pada kawat dengan thermometer sebelum dialirkan fluida maupun sesudah dialirkan fluida. Seperti pada gambar 3.42



Gambar 4.9 Mengukur temperatur pada kawat

10. Mencatat semua hasil yang sudah tertera ditampilkan setelah diukur. Seperti pada gambar 4.10

Data penelitian	
<b>Tahap 1</b>	
Suhu ruang	: 29.0°
In anemometer	: 1.0 m/s (29.5°)
Out anemometer	: 2.5 m/s (29.8°)
Kawat panas	: 166.6°
<b>Tahap 2</b>	
Suhu ruang	: 29.0°
In anemometer	: 1.2 m/s (29.5°)
Out anemometer	: 2.8 m/s (29.8°)
Kawat panas	: 144.6°
<b>Tahap 3</b>	
Suhu ruang	: 29.0°
In anemometer	: 1.4 m/s (29.5°)
Out anemometer	: 3.1 m/s (29.9°)
Kawat panas	: 132.1°
<b>Tahap 4</b>	
Suhu ruang	: 29.0°
In anemometer	: 1.6 m/s (29.9°)
Out anemometer	: 3.4 m/s (30.4°)
Kawat panas	: 126.7°
<b>Tahap 5</b>	
Suhu ruang	: 29.0°
In anemometer	: 1.8 m/s (30.3°)
Out anemometer	: 3.5 m/s (30.1°)
Kawat panas	: 123.7°
<b>Tahap cadangan</b>	
Suhu ruang	: 29.0°
In anemometer	: 0.8 m/s (30.4°)
Out anemometer	: 2.3 m/s (30.6°)
Kawat panas	: 152.6°

Gambar 4.10 Mencatat semua hasil

11. Mengulangi langkah percobaan 1-10 untuk variasi kecepatan udara lain 1 m/s, 1.2 m/s sampai 1.8 m/s menggunakan speed control.



Gambar 4.10 Mengulangi langkah percobaan

12. Mematikan Fan dan baterai setelah mengambil data



Gambar 4.11 Mematikan Fan dan baterai

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perhitungan data hasil percobaan

Perhitungan aliran pada kawat tembaga dengan kecepatan aliran udara 1 m/s data hasil pengujian.

Data spesimen :

Lebar saluran (Wb)	= 150 mm	= 0,15 m
Tinggi saluran (H)	= 75 mm	= 0,075 m
Diameter kawat (d)	= 0,15 mm	= 0,00015 m
Panas Kawat	= 350 °C	
Loss Kawat	= 160 °C	
Tegangan Baterai	= 3.81 V	
Arus Baterai	= 0,70 A	
$T_{in}$	= 29,5 °C	
$T_{out}$	= 29,8 °C	

Temperature flim

$$\begin{aligned} T_f &= \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \\ &= \frac{(29,5 + 29,8)}{2} \\ &= 29,65 = 332,3K \end{aligned}$$

Tabel Apendix A-5 properties air atmospheric pressure

Fluida property	Temperatur e Udara (332,3)
$\mu(Kg / m.s)$	18,96522
$\kappa(W / m . ^\circ C)$	0,028688
$Pr$	0,700894

Luas penampang saluran udara

$$\begin{aligned}
 A &= H \cdot W_b \\
 &= 0,075 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\
 &= 0,01125 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Diameter hidrolik saluran udara

$$\begin{aligned}
 Dh &= \frac{4 \cdot A}{P} \\
 &= \frac{4 \cdot H \cdot W_b}{2(H + W_b)} \\
 &= \frac{4 \times 0,075 \text{ m} \times 0,15}{2 \times (0,075 + 0,15)} \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bilangan reynold

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \cdot Dh}{\mu} \\
 &= \frac{1 \text{ m/s} \times 0,00015 \text{ m}}{18,9 \times 10^{-6} \text{ Kg/m.s}} \\
 &= 7,936
 \end{aligned}$$

Untuk aliran Laminar, perhitungan Nu menggunakan Table 6-2

$$\begin{aligned} Nud &= 0,911 Re^{0,385} Pr^{1/3} \\ &= 0,911(7,936)^{0,385} (0,700894)^{1/3} \\ &= 1,796 \end{aligned}$$

Koefisien perpindahan panas konveksi

$$\begin{aligned} h &= \frac{Nud.k}{d} \\ &= \frac{1,798 \times 0,028688}{0,00015} \\ &= 343,4 W / m^2 \cdot ^\circ C \end{aligned}$$

Perpindahan Kalor Persatuan Panjang

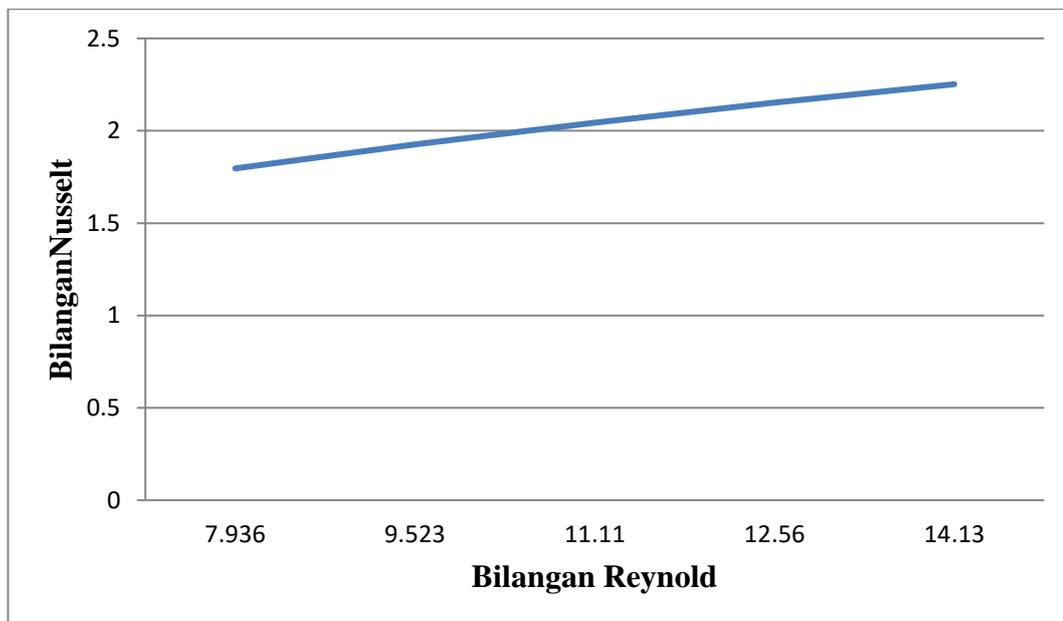
$$\begin{aligned} q / L &= \pi dh(T\omega - T\varpi) \\ &= 3,14 \times 0,00015 \times 343,4 \times (29,8 - 29,5) \\ &= 0,04 W / m \end{aligned}$$

Besarnya Daya Panas

$$\begin{aligned} q &= VxI \\ &= 3,81 \times 0,709474 \\ &= 2,70 W / m \end{aligned}$$

## 4.2 Analisa Data

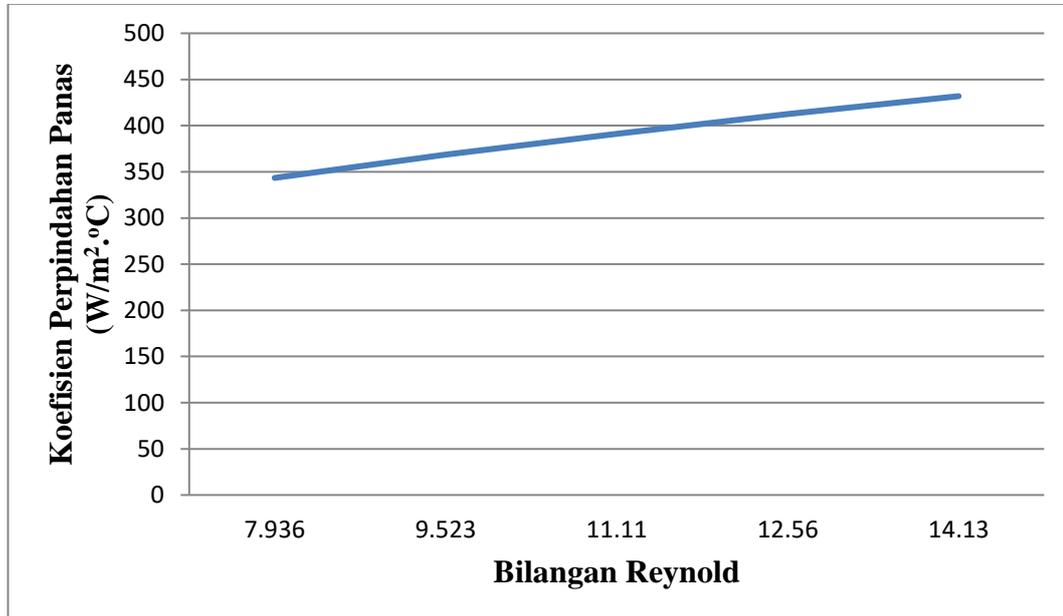
### 1. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt seperti pada gambar grafik 4.1



Gambar 4.1 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt

Dari gambar grafik 4.1 Pengaruh Bilangan Reynold dan Bilangan Nusselt. Pada kecepatan 1 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 7,936 dan Bilangan Nusselt sebesar 1,796. Pada kecepatan 1,2 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 9,523 dan Bilangan Nusselt 1,927. Pada kecepatan 1,4 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 11,11 dan Bilangan Nusselt 2,044. Pada kecepatan 1,6 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 12,69 dan Bilangan Nusselt 2,152. Pada kecepatan 1,8 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 14,28 dan Bilangan Nusselt 2,252.

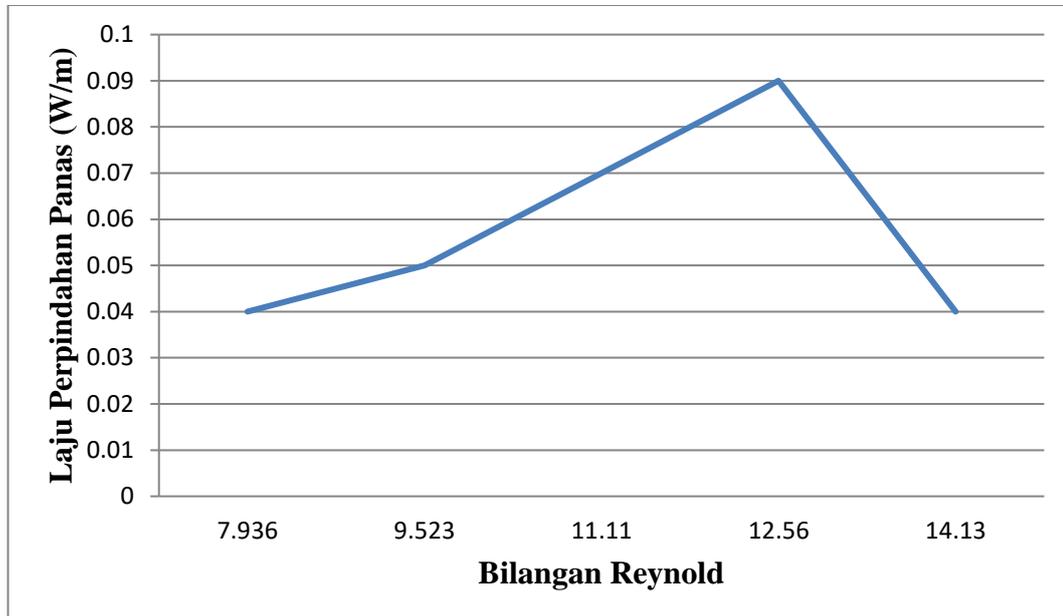
2. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Koefisien Perpindahan Panas seperti pada gambar grafik 4.2



Gambar 4.2 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Koefisien Perpindahan Panas

Dari gambar grafik 4.2 Pengaruh Bilangan Reynold dan Koefisien Perpindahan Panas. Pada kecepatan 1 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 7,936 dan Koefisien Perpindahan Panas sebesar 343,4 W/m<sup>2</sup>.°C. Pada kecepatan 1,2 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 9,523 dan Koefisien Perpindahan Panas 368,5 W/m<sup>2</sup>.°C. Pada kecepatan 1,4 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 11,11 dan Koefisien Perpindahan Panas 391,03 W/m<sup>2</sup>.°C. Pada kecepatan 1,6 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 12,69 dan Koefisien Perpindahan Panas 412,6 W/m<sup>2</sup>.°C. Pada kecepatan 1,8 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 14,28 dan Koefisien Perpindahan Panas 431,9 W/m<sup>2</sup>.°C.

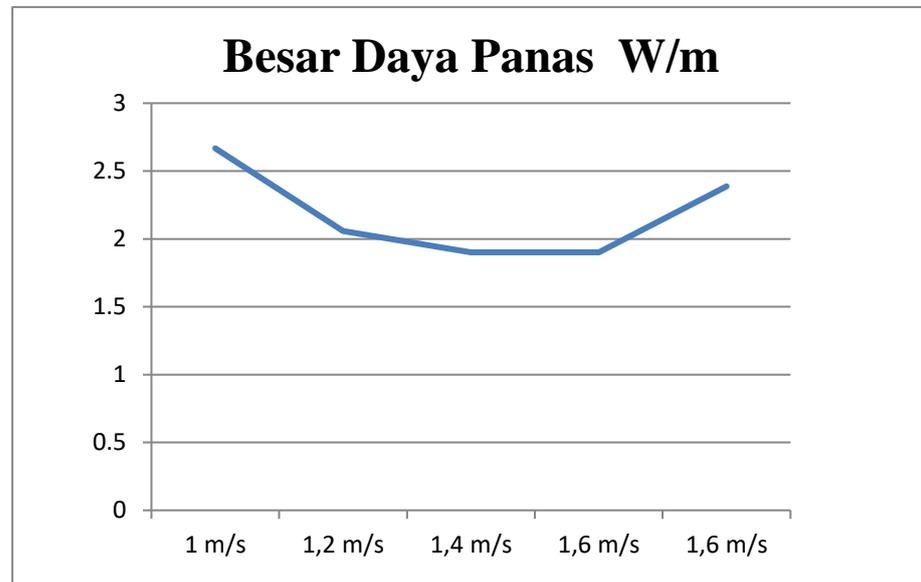
3. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Laju Perpindahan Panas seperti pada gambar grafik 4.3



Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Laju Perpindahan Panas

Dari gambar grafik 4.3 Pengaruh Bilangan Reynold dan Koefisien Perpindahan Panas. Pada kecepatan 1 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 7,936 dan Laju Perpindahan Panas sebesar 0,04 W/m. Pada kecepatan 1,2 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 9,523 dan Laju Perpindahan Panas 0,05 W/m. Pada kecepatan 1,4 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 11,11 dan Laju Perpindahan Panas 0,07 W/m. Pada kecepatan 1,6 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 12,69 dan Laju Perpindahan Panas 0,09 W/m. Pada kecepatan 1,8 m/s mendapatkan Bilangan Reynold sebesar 14,28 dan Laju Perpindahan Panas 0,04 W/m.

4. Perbandingan nilai Besar Daya Panas dengan masing masing kecepatan seperti pada gambar grafik 4.4



Gambar 4.4 Perbandingan nilai Besar Daya Panas dengan masing masing kecepatan

Dari gambar grafik 4.4 terdapat nilai dengan kecepatan 1 m/s mendapatkan nilai Besarnya Daya panas sebesar 2,667 W/m. Pada kecepatan 1,2 m/s mendapatkan nilai Besarnya Daya panas sebesar 2,057 W/m. Pada kecepatan 1,4 m/s medapatkan nilai besarnya daya panas sebesar 1,901 W/m. Pada kecepatan 1,6 m/s mendapatkan nilai Besarnya Daya panas sebesar 1,901 W/m. Pada kecepatan 1,8 m/s medapatkan nilai besarnya daya panas sebesar 2,387 W/m.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan diatas adalah sebagai berikut :

1. Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampang bagian dalam dari saluran udara segiempat adalah 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm.
2. Baterai memiliki tegangan sebesar 3,81 Volt dan arus sebesar 0,7 Ampere sehingga mendapatkan hasil Perpindahan kalor pada kawat sebesar 2,70 W/m
3. Semakin besar bilangan Reynold maka akan semakin besar koefisien konveksi yang terjadi.
4. Semakin besar bilangan Reynold maka akan semakin besar hasil dari perpindahan kalor yang didapatkan.
5. Dari hasil percobaan diperoleh perpindahan panas dengan kecepatan minimum 1 m/s mendapatkan hasil Reynold sebesar 7,936 sehingga mendapatkan hasil Koefisien perpindahan panas sebesar 343,4 W/m<sup>2</sup>.°C dan pada hasil perpindahan kalor sebesar 0,04 W/m .

#### 5.2 Saran

1. Temperatur udara lingkungan perlu dijaga dengan lebih baik agar temperature udara masuk saluran segiempat dapat lebih stabil, karena perbedaan temperatur udara lingkungan yang terlalu tinggi sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan.
2. Mengkalibrasi sebelum menggunakan alat-alat penelitian, agar tidak terjadi kesalahan saat pengambilan data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, I. S., Jatmiko, E., & Nizar, P. K. (2013). *Analisa Pengaruh Cekungan Yang Diterapkan Pada Plat Datar Terhadap Aliran Fluida Untuk Mendukung Teknologi Maritim Pendekatan CFD*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- C A Siregar, A. M. S. & D. S. (2019). *Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH*. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* [Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME](http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME), 2(2), 131–139.
- Cassidy, M. J., & Hously, G. T. (2010). *Studi Eksperimen Pengaruh Panjang Karakteristik (Le) Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Konveksi Natural Pada Pelat Datar*. 1–13.
- Dewi, R., Nurwaida, C., Kimia, J. T., Teknik, F., Malikussaleh, U., & Sedangkan, C. (2020). *Analisa Profil Aliran Fluida Cair Dan Pressure Drop Pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)*. 1(November), 46–57.
- Fitriani, L. Y., Faizal, R., Kimia, T., Sultan, U., Tirtayasa, A., & Control, F. (2000). *Analisa Aliran Fluida Pengaruh Elbow, Fitting, Valve Dan Perubahan Luas Permukaan Dalam Sistem Perpipaan*. 1–6.
- Halli, A. (2012). *Koefesien perpindahan panas menggunakan profil kotak pada alat penukar kalor*.
- Hariyono, Gatut Rubiono, H. M. (2016). *Study Eksperimental Perilaku Aliran Fluida Pada Sambungan Belokan Pipa. 1*.
- J.P. Holman. (2010). *Heat Transfer*. New York: Mc. Graw-Hill, Companies Inc, tenth edition.
- K.Umurani. A. R. N. & D. I (2021). *Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90 Derajat*. 4(1), 37-46
- Murti, M. R. (2012). *Laju Pembuangan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Rc Pada Rpm Konstan*. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 3(1).
- Rachmat Subagyo. (2016). *Analisis Diameter Gelembung Pada Kerugian Tekanan Aliran Fluida*. 9(November), 121–124.

- Rokhimi, I. N., & Pujayanto. (2015). *Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi. Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPPF)*, 6, 270–274. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0414-8>
- Santoso, D. A., Panas, P. P., & Reynold, B. (2017). *Analisis Koefisien Perpindahan Panas Konveksi dan Distribusi Temperatur Aliran Fluida pada Heat Exchanger Counterflow Menggunakan Solidwork*. 16(September), 161–166.
- Sudirman Lubis, C A Siregar. (2019). *Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan energi*.
- Syahrul, S., Mechram, S., Satrio, P., & Munawar, A. A. (2016). *Simulasi Model Aliran Fluida Dan Kebutuhan Daya Pompa Pada Sistem Hidrodinamika. Rona Teknik Pertanian*, 9(1), 40–49. <https://doi.org/10.17969/rtp.v9i1.4383>
- Umurani, K. & Muharnif, M. (2019). *Pengaruh Diameter Lubang Pembangkit Vorteks Winglet Melengkung Terhadap Unjuk Kerja Apk Tipe Kompak Studi Eksperimental. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 84-93
- Wahyono, W., & Rochani, I. (2019). *Pembuatan Alat Uji Perpindahan Panas Secara Radiasi. Eksergi*, 15(2), 50.
- Walujodjati, A. (2013). *Perpindahan Panas Konveksi Paksa. Majalah Ilmiah Momentum*, 2(2), 21–24.

# LAMPIRAN

Interpolasi Table Appendix A-5 properties air atmospheric pressure

T.K	Vf	k	Pr
300	15,69	0,02624	0,708
332,3	18,96522	0,028688	0,700894
350	20,76	0,03003	0,697

T.K	Vf	k	Pr
300	15,69	0,02624	0,708
332,3	18,96522	0,028688	0,700894
350	20,76	0,03003	0,697

T.K	Vf	k	Pr
300	15,69	0,02624	0,708
332,4	18,97536	0,028696	0,700872
350	20,76	0,03003	0,697

T.K	Vf	k	Pr
300	15,69	0,02624	0,708
333,3	19,06662	0,028764	0,700674
350	20,76	0,03003	0,697

T.K	Vf	k	Pr
300	15,69	0,02624	0,708
333,4	19,07676	0,028772	0,700652
350	20,76	0,03003	0,697

Data Rata-Rata Hasil Pengujian dengan kecepatan 1 m/s sampai 1,8 m/s,  
mengukur nilai tegangan dan arus.

Kecepatan 1 m/s

Waktu	Flow	Tegangan	Arus
14:32:53	784,00	3,81	0,69
14:32:56	2176,00	3,81	0,69
14:32:59	2296,00	3,81	0,69
14:33:02	2288,00	3,81	0,67
14:33:05	2216,00	3,81	0,75
14:33:08	2328,00	3,81	0,67
14:33:11	2192,00	3,81	0,75
14:33:14	2184,00	3,81	0,69
14:33:17	2240,00	3,81	0,77
14:33:20	2144,00	3,81	0,67
14:33:23	2248,00	3,81	0,64
14:33:26	2152,00	3,81	0,72
14:33:29	2216,00	3,81	0,72
14:33:33	2168,00	3,81	0,75
14:33:36	2136,00	3,81	0,72
14:33:39	2224,00	3,81	0,75
14:33:42	2392,00	3,81	0,75
14:33:45	2240,00	3,81	0,64
14:33:48	2224,00	3,81	0,75

Kecepatan 1,2 m/s

Waktu	Flow	Tegangan	Arus
14:37:57	832,00	3,89	0,09
14:38:00	2472,00	3,84	0,14
14:38:03	2368,00	3,94	0,22
14:38:07	2344,00	3,91	0,22
14:38:10	2360,00	3,91	0,22
14:38:13	2416,00	3,79	0,69
14:38:16	2432,00	3,72	0,59
14:38:19	2368,00	3,79	0,67
14:38:22	2344,00	3,81	0,69
14:38:25	2448,00	3,77	0,72
14:38:28	2408,00	3,81	0,72
14:38:31	2376,00	3,81	0,59
14:38:34	2352,00	3,79	0,69
14:38:37	2312,00	3,79	0,64
14:38:40	2408,00	3,79	0,75
14:38:43	2400,00	3,84	0,69
14:38:46	2488,00	3,79	0,67
14:38:49	2440,00	3,77	0,69

## Kecepatan 1,4 m/s

Waktu	Flow	Tegangan	Arus
14:47:56	904,00	3,81	0,53
14:47:59	2704,00	3,91	0,48
14:48:02	2632,00	3,89	0,43
14:48:05	2648,00	3,89	0,53
14:48:08	2568,00	3,86	0,51
14:48:11	2600,00	3,89	0,48
14:48:14	2608,00	3,84	0,56
14:48:17	2696,00	3,89	0,51
14:48:20	2600,00	3,91	0,56
14:48:23	2584,00	3,89	0,59
14:48:26	2632,00	3,89	0,59
14:48:29	2632,00	3,84	0,56
14:48:32	2608,00	3,89	0,53
14:48:35	2600,00	3,94	0,35
14:48:38	2656,00	3,89	0,38
14:48:41	2712,00	3,89	0,35
14:48:44	2712,00	3,84	0,51
14:48:47	2608,00	3,94	0,48
14:48:50	2584,00	3,94	0,46

## Kecepatan 1,6 m/s

Waktu	Flow	Tegangan	Arus
14:47:56	904,00	3,81	0,53
14:47:59	2704,00	3,91	0,48
14:48:02	2632,00	3,89	0,43
14:48:05	2648,00	3,89	0,53
14:48:08	2568,00	3,86	0,51
14:48:11	2600,00	3,89	0,48
14:48:14	2608,00	3,84	0,56
14:48:17	2696,00	3,89	0,51
14:48:20	2600,00	3,91	0,56
14:48:23	2584,00	3,89	0,59
14:48:26	2632,00	3,89	0,59
14:48:29	2632,00	3,84	0,56
14:48:32	2608,00	3,89	0,53
14:48:35	2600,00	3,94	0,35
14:48:38	2656,00	3,89	0,38
14:48:41	2712,00	3,89	0,35
14:48:44	2712,00	3,84	0,51
14:48:47	2608,00	3,94	0,48
14:48:50	2584,00	3,94	0,46

Kecepatan 1,8 m/s

<b>Waktu</b>	<b>Flow</b>	<b>Tegangan</b>	<b>Arus</b>
14:57:38	912,00	3,72	0,88
14:57:41	2576,00	3,72	0,85
14:57:44	2600,00	3,72	0,83
14:57:47	2592,00	3,69	0,75
14:57:50	2648,00	3,79	0,77
14:57:53	2560,00	3,69	0,56
14:57:56	2624,00	3,74	0,67
14:57:59	2592,00	3,77	0,61
14:58:02	2624,00	3,69	0,61
14:58:05	2616,00	3,77	0,59
14:58:08	2640,00	3,77	0,61
14:58:11	2696,00	3,74	0,59
14:58:14	2600,00	3,77	0,56
14:58:17	2648,00	3,77	0,61
14:58:20	2632,00	3,72	0,51
14:58:23	2648,00	3,77	0,59
14:58:26	2640,00	3,72	0,59
14:58:29	2616,00	3,69	0,59
14:58:32	2584,00	3,74	0,51

**Table A-5** | Properties of air at atmospheric pressure.<sup>†</sup>

The values of $\mu$ , $k$ , $c_p$ , and $Pr$ are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures							
$T, K$	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ kJ/kg·°C	$\mu \times 10^5$ kg/m·s	$\nu \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	$k$ W/m·°C	$\alpha \times 10^4$ m <sup>2</sup> /s	$Pr$
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702

```
water_flow_sensor_plu_teg_arus

/*
YF- S201 Water Flow Sensor
Water Flow Sensor output processed to read in litres/hour
Adaptation Courtesy: www.hobbytronics.co.uk
*/
volatile int flow_frequency; // Measures flow sensor pulses
unsigned int l_hour; // Calculated litres/hour
unsigned char flowsensor = 2; // Sensor Input
unsigned long currentTime;
unsigned long cloopTime;
void flow () // Interrupt function
{
    flow_frequency++;
}

#include <Wire.h>
float Volt1;
float Volt;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("CLEARDATA");
    Serial.println("LABEL, Waktu, Flow, Tegangan, Arus");
    pinMode(flowsensor, INPUT);
    digitalWrite(flowsensor, HIGH); // Optional Internal Pull-Up
    Serial.begin(9600);
}

1
```

No	Waktu (Menit)	Kecepatan aliran (m/s)	Tegangan Baterai (V)	Arus Baterai (A)
1	5	1	3,81	0,7
2	5	2	3,81	0,4
3	5	3	3,88	0,5
4	5	4	3,88	0,5
5	5	5	3,73	0,6

Tf (K)	k (W/m.K)	Vf	Pr
332,3	0,028688	18,96522	0,700894
332,3	0,028688	18,96522	0,700894
332,4	0,028696	18,97536	0,700872
333,3	0,028764	19,06662	0,700674
333,4	0,028772	19,07676	0,700652

Bilangan Reynolds	Bilangan Nusselt	Koefisien Perpindahan Panas (W/m)	Perpindahan Kalor (W/m)
7,936	1,796	0,343	0,04
9,532	1,95	0,373	0,04
11,11	2,044	0,391	0,05
12,56	2,143	2,143	0,07
14,13	2,242	0,43	0,09



UMSU

Ingat | Cerdas | Terpercaya  
Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12

Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1930/ IL/3AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 14 Desember 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : M. ALGI FARI  
Npm : 1607230145  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : 1X ( Sembilan )  
Judul Tugas Akhir : PERPINDAHAN PANAS KAWAT TEMBAGA PADA ALIRAN  
LAMINER

Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI ST. MT.

Dengan Demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila Judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh dosen pembimbing setelah Mendapat persetujuan dari program studi teknik Mesin.

Penulisan tugas akhir dinyatakan batal setelah 1 ( satu ) tahun tanggal yang ditetapkan

Demikian surat penunjukan dosen pembimbing dan menetapkan judul tugas akhir ini dibuat Untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya .

Ditetapkan di medan pada tanggal  
Medan 29 Rabiul Akhir 1442 H  
14 Desember 2020 M



Dekan

Munawar alfansury siregar ST. MT  
Nidn : 0101017202

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Perpindahan Panas Kawat Tembaga Pada Aliran Laminer

Nama : Muhammad Algi Fari  
NPM : 1607230145

Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	20-3-2021	- Pemberian spesifikasi tugas	h
2.	25-3-2021	- Perbaiki Pendahuluan	h
3.	26-3-2021	- Perbaiki tinjauan pustaka	h
4.	28-3-2021	- Perbaiki Metode	h
5.	30-3-2021	- Lengkapi Persamaan Perpindahan Panas	h
6.	31-3-2021	- Perbaiki analisa	h
7.	31-3-2021	- ACC Seminar hasil	h

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Algi Fari  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 05 November 1998  
Alamat : Kp. Bahari Link 1 Kel. Martubung  
Agama : Islam  
E-mail : [muhammadalgi11@gmail.com](mailto:muhammadalgi11@gmail.com)  
No.Hp : 082362856425

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 066657 Tahun 2004-2010
2. SMP N 25 Medan Tahun 2010-2013
3. SMK N 4 Medan Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021