

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGI EMPAT DENGAN PENAMBAHAN RUSUK MIRING BERLUBANG**

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

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD FAZA SAIFULLAH**

**1707230003**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:


Nama : Muhammad Faza Saifullah  
NPM : 1707230003  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Sa Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang  
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, 26 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji - I



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

Dosen Peguji - II



Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Dosen Penguji - III



Chairul Umurani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Faza Saifullah

Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 06 February 2000

NPM : 1707230003

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

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

### **"Analisa Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang"**

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, 27 September 2022  
Saya yang menyatakan,



M Faza Saifullah

## ABSTRAK

Pada penelitian ini menggunakan saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring. Diameter saluran segiempat panjang 2440 mm, lebar 240 mm, dan tinggi 157 mm. Spesifikasi dimensi bagian dalam saluran segiempat panjang, 700 mm, lebar 216 mm dan tinggi 128 mm. Elemen yang digunakan pada saluran menggunakan rusuk miring berlubang dengan sudut  $60^\circ$ , material yang digunakan rusuk miring berlubang menggunakan alumunium. Dalam penelitian ini menggunakan rusuk miring yang memiliki dimensi rusuk dengan Tebal rusuk 10 mm dan panjang 170 mm. Parameter yang di variasikan dalam penelitian adalah 1.067 m/s, 2.262 m/s, 3.551 m/s, 4.584 m/s dan 5.780 m/s . Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang baik adalah dengan menggunakan rusuk miring . Pada percobaan dengan kecepatan udara 5.780 m/s di peroleh konveksi perpindahan panas sebesar 300,892 w, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,69745 w/m<sup>2</sup>.K, pressure drop tertinggi sebesar 17,1675Pa dan faktor gesekan yang terjadi sebesar 0,06734. Sehingga dari hasil percobaan tersebut rusuk miring berlubang kurang efektif dijadikan rusuk.

Kata kunci : Bilangan Reynold, Bilangan Nusselt, Saluran segiempat, Rusuk miring, Velocity

## **ABSTRACT**

*In this study using a rectangular channel with the addition of oblique ribs. The diameter of the rectangular channel is 2440 mm long, 240 mm wide and 157 mm high. The specifications for the inner dimensions of the rectangular channel are 700 mm, width 216 mm and height 128 mm. The element used in the channel uses perforated inclined ribs with an angle of 60 °, the material used is aluminum perforated ribs. In this study, using slanted ribs that have rib dimensions with a rib thickness of 10 mm and a length of 170 mm. The parameters that were varied in the study were 1,067 m/s, 2,262 m/s, 3,551 m/s, 4,584 m/s and 5,780 m/s. From the experimental results obtained a good heat transfer is to use inclined ribs. In an experiment with an air velocity of 5,780 m/s, convection heat transfer was obtained at 300.892 w, the highest convection heat transfer coefficient was 19.69745 w/m<sup>2</sup>.K, the highest pressure drop was 17.1675Pa and the friction factor was 0.06734. So from the results of the experiment, hollow slanted ribs are less effective as ribs.*

*Key words : Reynolds Number, Nusselt Number, Quadrilateral Channel, Oblique Rib, Velocit*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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 “**Analisa Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Udara Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang**” Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini mulai dari proses awal sampai proses akhir penyelesaian, penulis telah banyak menerima bantuan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak, sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Khairul Umrani, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A Siregar, ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Srg, ST.,MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
6. Orang tua penulis Muchlas dan Nur Liani Purba yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Sahabat-sahabat saya Andre Rahdianto, Ikhsan Abdillah, Jaka hari f kesuma dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin.

Medan, 26 September 2022

M Faza Saifullah  
NPM. 1707230003

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASIp</b>	<b>xiii</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	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
1.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Perpindahan Panas	5
2.3. Mekanisme Perpindahan Panas	5
2.3.1. Perpindahan Panas Konduksi	6
2.3.2. Perpindahan Panas Konveksi	7
2.3.3. Perpindahan Panas Radiasi	8
2.4. Sifat Termal Bahan	9
2.5. Perhitungan Perpindahan Panas	10
2.5.1. Perpindahan Panas ( <i>Heat Transfer</i> )	10
2.5.2. Faktor Gesekan ( <i>fiction Factor</i> )	11
2.5.3. Parameter Tanpa Dimensi	12
2.5.3.1. Bilangan Reynold ( <i>Re</i> )	12
2.5.3.2. Bilangan Nusselt ( <i>Nusselt Number</i> )	12
2.6. Pengaplikasian Rusuk Terhadap Saluran Segi Empat	13
2.7. Rusuk	15
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>16</b>
3.1. Tempat dan Waktu	16
3.1.1. Tempat Penelitian	16
3.1.2 Waktu Penelitian	16
3.2. Bahan Dan Alat	17
3.2.1. Bahan Penelitian	17
3.2.2 Alat Penelitian	18
3.2.3. Alat yang akan diuji	25
3.3. Bagan Alir Penelitian	26



3.4. Rancangan Alat Penelitian	27
3.5. Bagian Bagian Alat penelitian	29
3.6. Prosedur Penelitian	29
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>30</b>
4.1. Data hasil Pengujian	30
4.2. Perhitungan data	30
4.2.1. Perhitungan Data Pengujian dengan Rusuk Miring Berlubang	31
4.2.2. Perhitungan Data Pengujian Tanpa Rusuk	35
4.3. Pembahasan	39
4.3.1. Pengaruh Reynold terhadap perpindahan panas konveksi	39
4.3.2. Pengaruh bilangan Reynold terhadap koefisien Perpindahan panas Konveksi	40
4.3.3. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Nusselts	41
4.3.4. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Pressure Drop	42
4.3.5. Pengaruh bilangan Reynold terhadap <i>friction factor</i>	43
4.3.6. Pengaruh bilangan Renold terhadap <i>T out</i>	44
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>SK PEMBIMBINGAN</b>	
<b>BERITA ACARA SEMINAR HASIL</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konduktivitas termal berbagai bahan	9
Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	16
Tabel 4.1 Data hasil pengujian rusuk miring berlubang	31
Tabel 4.2 Appendix A-9 properties of air 1 atm	32
Tabel 4.3 Data hasil pengujian tanpa rusuk	35
Tabel 4.4 Appendix A-9 properties of air 1 atm	36

## DAFTAR GRAFIK

Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panaskonveksi (watt)	39
Gambar 4.2. Grafik pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi	40
Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt	41
Gambar 4.4 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Pressure drop (Pa)	42
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Friction factor	43
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Perpindahan Panas	6
Gambar 2.2 Berbagai Bentuk Sirip	14
Gambar 3.1 Triplek	17
Gambar 3.2 Besi Siku Berlubang	17
Gambar 3.3 Baut Dan Mur	18
Gambar 3.4 Lem Kayu	18
Gambar 3.5 Alat Penelitian Saluran Segi Empat	19
Gambar 3.6 Blower	19
Gambar 3.7 Pemanas Listrik ( <i>Electric Heater</i> )	20
Gambar 3.8 Pelurus Aliran Udara ( <i>Flow Straightener</i> )	20
Gambar 3.9 Manometer Tipe U	21
Gambar 3.10 Termokopel Tipe T	21
Gambar 3.11 <i>Thermocouple digital</i>	21
Gambar 3.12 Dimmer	22
Gambar 3.13 Anemometer	22
Gambar 3.14 Speed Controller	23
Gambar 3.15 Voltmeter Digital	23
Gambar 3.16 Amperemeter	24
Gambar 3.17 Thermostat	24
Gambar 3.18 Skema Rusuk Miring	25
Gambar 3.19 Bagan Alir	26
Gambar 3.20 Skema Saluran Segiempat	27
Gambar 3.21 Bagian – Bagian Komponen Saluran Segi Empat	27
Gambar 3.22 Rusuk Miring Berlubang	28
Gambar 4.1 Grafik pengaruh bilangan Reynold terhadap perpindahan panas Konveksi (watt)	39
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh bilangan Reynold terhadap koefisien panas	40
Gambar 4.3 Grafik Bilangan Reynold terhadap bilangan nusselt	41
Gambar 4.4 Grafik Reynold terhadap Pressure drop	42
Gambar 4.5. Grafik Bilangan Reynold terhadap <i>friction factor</i>	43
Gambar.4.6. Grafik Bilangan Reynold terhadap Tout	44

## DAFTAR NOTASI

$Q_x$	= Laju perpindahan panas	(Watt)
$K$	= Koefisien perpindahan panas konveksi	( W / m <sup>2</sup> . <sup>o</sup> C )
$A$	= Luas penampang saluran udara	(m <sup>2</sup> )
$T_{in}$	= Temperature inlet dari aliran udara	(K)
$T_{OUT}$	= Temperatur outlet dari aliran udara	(K)
$T_b$	= Temperatur base plate	(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)
$Wb$	= Lebar plat datar	(m)
$m$	= Laju aliran masa udara	(kg/s)
$\Delta p$	= Perbedaan tekanan	(pa)
$R$	= Tahanan panas	( $\Omega$ )
$Q_{elect}$	= Laju perpindahan panas elektrik	(W)
$Q_{CON}$	= Laju perpindahan panas konveksi	(W)
$Q_{loss}$	= Laju aliran panas yang hilang (heat loss)	(W)
$V$	= Kecepatan rata-rata dalam saluran udara	(m/s)
$\mu$	= Viskositas dinamik udara	(Kg/m.s)
$h$	= Koefisien perpindahan panas konveksi	(W/M <sup>2</sup> .K)
$p$	= Masa jenis udara	(Kg/m <sup>3</sup> )
$\sigma$	= Konstanta Stefan – Boltzman 5,67x10 <sup>-8</sup>	(W/M <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )
$\varepsilon$	= Emisivitas (benda hitam)	
$F$	= Faktor gesekan	
$Pr$	= Bilangan prandalt	
$Re$	= Duct bilangan reynold	
$Nu$	= Duct nusselt number	

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perpindahan panas merupakan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda maupun material. Perpindahan panas banyak di temukan dalam perindustrian, seperti industri minyak, pembangkit listrik, pengolahan gas alam dan banyak lagi industri lain lainnya. Biasanya pemanasnya yang digunakan berasal dari energi listrik maupun pemanas dari hasil pembakaran, dan pendingin yang digunakan adalah air dan udara.

Terdapat beberapa jenis perpindahan panas yang di terapkan di industri yaitu konduksi atau hantaran, konveksi atau rambatan, radiasi atau pancaran. Salah satu perpindahan panas yang di gunakan adalah konveksi. Perpindahan panas konveksi dapat terjadi secara alami maupun buatan.

Laju perpindahan panas pada plat dasar dengan suhu tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan perpindahan panas atau kedua-duanya. Kenaikan perpindahan panas dapat dicapai dengan cara konveksi paksa (*forced convection*) atau mengubah konfigurasi geometri dari alat penukar panas. Dalam praktiknya, caracara ini dibatasi oleh penurunan tekanan maksimum yang diijinkan melalui susunan sirip pin tersebut karena kenaikan perpindahan panas akan disertai penurunan tekanan. Energi yang hilang karena penurunan tekanan dapat melebihi energi yang didapatkan dari usaha peningkatan perpindahan panas tersebut.

*Ribbed square channel* merupakan suatu model sistem thermal, yaitu saluran berpenampang segi empat dengan dinding bagian dalam berusuk, dimana rusuk berfungsi sebagai turbulator. Peralatan ini berfungsi untuk memindahkan kalor dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk sebagai turbulator akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien

konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran. Telah banyak dilakukan penelitian tentang ribbed square channel ini untuk meningkatkan laju konveksinya, diantaranya dengan menguji dinding 2 saluran smooth dan variasi dinding berusuk pada angka Reynold 7.900 hingga 24.900 dengan formasi sudut rusuk 45 terhadap arah aliran oleh Ahn et. el. (2007).

Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring berlubang, penelitian bertujuan untuk menguji karakteristik perpindahan panas pada saluran segiempat (*rectangular channel*).

### 1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring berlubang.

### 1.2. Ruang Lingkup

1. Penelitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat yang terdiri dari :
  - a. Saluran segiempat berdimensi penampang 157 mm x 240 mm, dan panjang 2440 mm.
  - b. Fan/blower.
  - c. Pemanas listrik tipe plat (plate electric heater).
  - d. Pelurus aliran udara (flow straightener).
  - e. Monometer U.
  - f. Baseplate.
2. Permukaan dalam saluran udara dilapisi dengan bahan triplek yang halus.
3. Parameter yang divariasikan adalah kecepatan aliran udara yang masuk
4. Penelitian dilakukan dalam keadaan diam pada temperature kamar.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisa perpindahan panas yang dialiri fluida udara pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring berlubang.
2. Untuk mengetahui penurunan tekanan pada rusuk miring berlubang

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang analisis penurunan tekanan dan perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring berlubang.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Solusi analitis yang tepat diperoleh untuk perpindahan panas konveksi dalam saluran lurus dengan penampang persegi untuk pertama kalinya. Solusi ini berlaku untuk kondisi batas H1 dan H2, yang terkait dengan perpindahan panas konveksi yang berkembang penuh di bawah fluks panas konstan pada dinding saluran. Metode pemisahan variabel dan berbagai teknik matematika lainnya digunakan untuk menemukan bentuk tertutup dari distribusi suhu. Angka Nusselt lokal dan rata-rata juga diperoleh sebagai fungsi dari rasio aspek. Kendala fisik baru disajikan untuk memecahkan masalah Neumann dalam analisis non-dimensi untuk kondisi batas H2. Ini adalah salah satu inovasi utama dari studi saat ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa singularitas terjadi pada aspek rasio kritis 2,4912 saat menghitung bilangan Nusselt lokal dan rata-rata. (Shahmardan et al., 2012)

Sistem pencitraan inframerah digunakan untuk mengukur distribusi terperinci dari koefisien perpindahan panas lokal dari saluran persegi panjang dengan dua dinding lebar berlawanan yang diperkeras oleh rusuk terhuyung  $45^\circ$  dari dua puluh kasus uji. Kontur bilangan Nusselt (Nu) di atas permukaan berusuk disajikan untuk lima set saluran dengan konfigurasi rib-floor yang identik, tetapi tinggi saluran yang berbeda di mana distribusi Nu kompleks tanpa bleed dan kemudian dengan bleed dari rib-floor yang dipindai atau dari dinding berusuk yang berlawanan dengan lantai rusuk yang dipindai atau dari dinding samping yang halus dianalisis untuk memeriksa efek sinergis dari ketinggian saluran yang bervariasi dan kondisi bleed yang berbeda pada perpindahan panas. Hasil perpindahan panas rata-rata spasial untuk seluruh rangkaian saluran uji dihasilkan dengan faktor kinerja termal dibandingkan untuk menetapkan korelasi perpindahan panas dengan aplikasi pada desain saluran pendingin dalam sudu turbin gas. (Chang et al., 2007)

Studi tentang perpindahan panas di bagian persegi panjang dengan fluks panas dinding yang ditentukan adalah kepentingan praktis. Bagian ini bisa terbuka atau diisi dengan bahan berpori jenuh. Solusi yang menggunakan fungsi Green dapat

mengakomodasi masuknya fluks panas di seluruh area permukaan atau di atas bagian batas yang terisolasi. Juga, solusi ini memungkinkan dimasukkannya pemanasan gesekan. Dua kondisi batas yang berbeda dipertimbangkan: suhu dinding konstan dan fluks panas dinding konstan. Koefisien perpindahan panas yang dihitung menunjukkan bahwa kondisi yang berkembang sepenuhnya secara termal mungkin tidak dapat dicapai dalam aplikasi praktis untuk lintasan yang sangat sempit dengan fluks panas dinding yang ditentukan. (Haji-Sheikh et al., 2006)

## 2.2 Perpindahan Panas

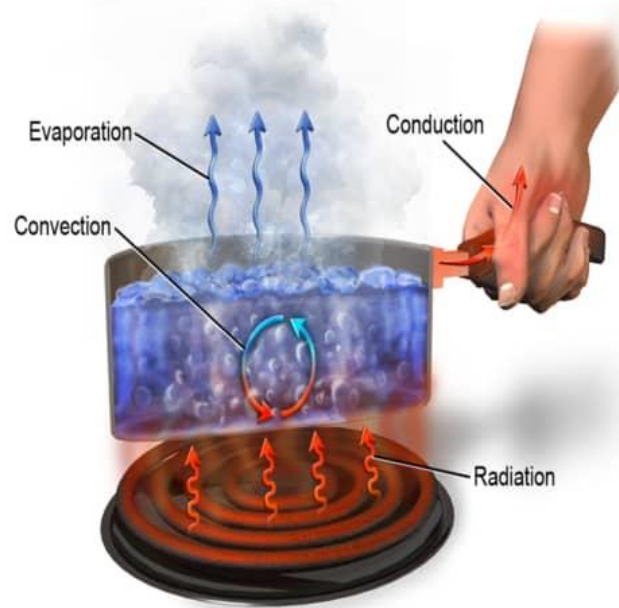
Perpindahan panas (heat transfer) Memainkan peranan penting dalam berbagai persoalan perancangan di bidang keteknikan (engineering), seperti teknik aeronautika, kimia, sipil, listrik, metalurgi, mekanika, dan teknik pertanian. Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energy dari suatu bahan yang terjadi karena adanya perbedaan (gradien) suhu. Perpindahan energy ini di defenisikan sebagai panas (heat). Perpindahan panas bias digunakan untuk menaksir besarnya energy yang di perlukan untuk mengubah suatu system dari keadaan keseimbangan satu ke keadaan keseimbangan lain.

Ilmu perpindahan panas tidak hanya menerangkan bagaimana panas itu dihantarkan, tetapi juga menaksir laju penghantar panas pada suatu kondisi tertentu. Dalam perpindahan panas, laju penghantar panas menjadi tujuan analisis. Panas selalu mengalir dari daerah dengan suhu lebih tinggi ke daerah lain dengan suhu lebih rendah. Jumlah aliran panas di nyatakan degan notasi  $Q$ . Nilai  $Q$  di dasarkan pada aliran energy persatuan waktu (jam atau detik). Satuan untuk  $Q$  yang umum di gunakan adalah watt (W). Laju aliran panas persatuan luas ( $q$ ) disebut fluks panas atau aliran panas spesifik.

## 2.3 Mekanisme Perpindahan Panas

Ada tiga mode perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Lienhard (2002). memberikan ilustrasi menarik untuk tiga mode perpindahan panas tersebut dengan keadaan air yang dipanaskan di atas panci seperti pada gambar 2.1

## Mechanisms of Heat Transfer



Gambar 2.1 Mekanisme Perpindahan Panas (*Wikimedia Commons*)

1. Pada Saat memasak air menyebabkan panas berpindah dari api kompor menuju panci dan menyebabkan air mendidih. Dari contoh diatas disimpulkan bahwa besi dan aluminium adalah penghantar panas yang baik. Untuk menggambarkan perpindahan Konduksi
2. Saat memasak air, maka air bagian bawah akan duluan lebih panas, saat air bagian bawah panas maka akan bergerak ke atas, hal tersebut dikarenakan terjadinya perubahan masa jenis air. Sedangkan air yang diatas akan bergerak kebawah begitu seterusnya hingga seluruhnya air memiliki suhu yang sama. Gambaran perpindahan Konveksi
3. Ketika api yang berada di kompor dinyalakan maka panci dan isinya akan ikut merasakan panas . Gambaran perpindahan panas Radiasi

### 2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas dimana molekul-Molekul dari zat perantara tidak ikut berpindah tempat tetapi molekul-molekul tersebut hanya menghantarkan panas atau proses perpindahan panas dari suhu yang tinggi ke bagian lain yang suhunya lebih rendah. Konduksi termal pada logam-logam padat terjadi akibat gerakan electron yang terikat dan

konduksi termal mempunyai hubungan dengan konduktivitas listrik. Pemanasan pada logam berarti pengaktifan gerakan molekul, sedangkan pendinginan berarti pengurangan gerakan molekul (McCabe, 1993). Terdapat hubungan matematik antara laju perpindahan kalor secara konduksi dengan gradient suhu normal, yang dikenal dengan Hukum Fourier, (JP.Holman, 1986):

$$Qk = -kA\left(\frac{dT}{dx}\right) \quad (2.1)$$

Maka

$$Q_{kond} = -k.2\pi rL\left(\frac{dt}{dx}\right) \quad (2.2)$$

### 2.3.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari satu tempat ke tempat lain dengan gerakan partikel secara fisis. Perpindahan panas secara konveksi ini juga diakibatkan oleh molekul-molekul zat perantara ikut bergerak mengalir dalam perambatan panas atau proses perpindahan panas dari satu titik ke titik lain dalam fluida antara campuran fluida dengan bagian lain.

Arus fluida yang melintas pada suatu permukaan, maka akan ikut terbawa sejumlah entalpi. Aliran entalpi ini disebut aliran konveksi kalor atau konveksi. Konveksi merupakan suatu fenomena makroskopik dan hanya berlangsung bila ada gaya yang bekerja pada partikel atau ada arus fluida yang dapat membuat gerakan melawan gaya gesek (McCabe, 1993). Kalor dipindah secara konveksi dinyatakan dengan persamaan Newton tentang pendinginan (Holman, 1986). Dikutip dari JP. Holman (1986), didapat hubungan matematik antara laju perpindahan kalor secara konveksi dengan koefisien perpindahan panas konveksi (h):

$$Q_{konv} = hio.A(T_f - T_v) \quad (2.3)$$

$$Hio = jH.\left[\frac{k}{de}\right].\left[\frac{c.v}{k}\right]^{\frac{1}{2}}.\theta \quad (2.4)$$

$$H_{io} = H_i \cdot \frac{ID}{OD} \quad (2.5)$$

Ada dua macam perpindahan panas secara konveksi, yaitu : a. Konveksi Bebas (*Natural Convection*) Merupakan proses perpindahan panas yang berlangsung secara alamiah, dimana perpindahan panas dalam molekul – molekul dalam zat yang dipanaskan terjadi dengan sendirinya tanpa adanya tenaga dari luar. Konveksi bebas/alamiah dapat terjadi karena ada arus yang mengalir akibat gaya apung, sedangkan gaya apung terjadi dari luar sistem. Perbedaan densitas fluida terjadi karena adanya gradien suhu pada fluida. Contoh konveksi alamiah antara lain adalah aliran udara yang melintasi radiator panas (McCabe, 1993). b. Konveksi Paksa (*Forced Convection*) Merupakan proses perpindahan panas yang terjadi karena adanya bantuan dari luar, misalnya pengadukan. Jika dalam suatu alat tersebut dikehendaki pertukaran panas, maka perpindahan panas terjadi secara konveksi dipaksa karena laju panas yang dipindahkan naik dengan adanya pengadukan (McCabe, 1993).

### 2.3.3 Perpindahan Panas Radiasi

Pada radiasi panas, panas diubah menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa melalui ruang media penghantar. Jika gelombang tersebut mengenai suatu benda, maka gelombang dapat mengalami transisi (diteruskan), refleksi (dipantulkan), absorpsi (diserap) dan menjadi kalor, hal itu tergantung pada jenis benda. Contoh radiasi panas antara lain pemanasan bumi oleh matahari. Menurut Hukum Stefan Boltzmann tentang radiasi panas dan berlaku hanya untuk benda hitam, bahwa kalor yang dipancarkan (dari benda hitam) dengan 5 laju yang sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan benda (Artono Koester, 2002). Terdapat hubungan matematik pada perpindahan kalor secara radiasi yang dikenal dengan Hukum Stefan – Boltzmann :

$$qr = \varepsilon \sigma AT^4 \quad (2.7)$$

## 2.4 Sifat Termal Bahan

Ada beberapa sifat material yang sangat penting dalam analisis transfer panas, diantaranya adalah kapasitas panas atau panas jenis,  $C_p$ , konduktivitas panas. Kapasitas panas suatu bahan merupakan kemampuan suatu bahan dalam menyimpan panas.

Konduktivitas panas merupakan ukuran kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan panas. Sebagai contoh suhu kamar, konduktivitas panas air adalah  $0,608 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$  dan konduktivitas panas besi adalah  $6,0 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ . Hal ini bahwa besi mampu menghantarkan panas 10 kali lipat di bandingkan air. Jadi kita dapat menyatakan bahwa air merupakan konduktor panas yang jelek di bandingkan besi, meskipun air merupakan medium penyimpanan kalor yang baik.

Dari persamaan laju aliran kalor konduksi pada keadaan tunak, konduktivitas panas suatu bahan dapat di definisikan sebagai laju aliran kalor melintasi satu satuan ketebalan bahan persatu satuan ketebalan bahan persatu satuan luas permukaan persatuan perbedaan suhu. Nilai konduktivitas panas yang tinggi dari suatu bahan menunjukkan bahwa bahan tersebut konduktor panas yang baik, dan konduktivitas panas yang rendah dari suatu bahan menunjukkan bahwa bahan tersebut merupakan konduktor panas yang jelek atau isolator. Nilai konduktivitas panas beberapa bahan di berikan pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1. konduktivitas Panas  $k[\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})]$  bahan pada suhu kamar (cengel,2007)

Bahan	K	Bahan	K	Bahan	K
Intan	2300	Air Raksa	8,54	Helium(Gas)	0,152
perak	429	Kaca	0,78	Karet Empuk	0,3
tembaga	401	Batu Bata	0,72	Freon	0,072
emas	317	Air(Cair)	0,613	Serat kaca	0,043
aluminium	237	Kulit	0,37	Udara(Gas)	0,026
besi	80,2	Manusia	0,17	Uretan(Gabus)	0,026
		Kayu Oak			

## 2.5. Perhitungan Perpindahan Panas.

### 2.5.1. Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

Kesetimbangan energi kondisi tunak (steady state) untuk permukaan uji yang dipanaskan secara elektrik adalah sebagai berikut (Bilen, 2001, 2002)

$$: Q_{elect} = Q_{conv} + Q_{loss} \quad (2.8)$$

Input panas listrik dapat dihitung dari tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke permukaan. Kehilangan panas (heat loss),  $Q_{loss}$  dari sistem bisa karena: radiasi dari permukaan, konduksi melalui dinding-dinding saluran ke atmosfer. Sehingga persamaan (2.13) dapat ditulis menjadi :

$$Q_{elect} = Q_{conv} + Q_{rad} + Q_{cond} \quad (2.9)$$

Pada penelitian yang serupa, Naik et al (1987) melaporkan bahwa total heat loss radiasi dari permukaan uji yang serupa sekitar 0,5% dari total input panas listrik, sehingga radiative heat loss diabaikan. Heat loss karena konduksi dari sisi dinding-dinding dapat diabaikan dibandingkan dari permukaan bawah dari seksi uji, karena luas total sisi plat yang dipanaskan jauh lebih kecil dari luas permukaan bawah. Pada penelitian ini, permukaan bawah dari plat uji tidak dipapar ke aliran, dan disolasi dengan kombinasi lapisan isolator dan lapisan kayu, sehingga heat loss konduksi dapat diabaikan.

$$Q_{elect} = Q_{conv} \quad (2.10)$$

Tahanan panas dari permukaan bersirip dengan cara konveksi

$$: R = V.I \quad (2.11)$$

Daya Panas yang dipindahkan dari permukaan bersirip dengan cara konveksi adalah

$$Q_{elect} = \frac{v^2 x \theta}{R} \quad (2.12)$$

Menghitung laju perpindahan,  $Q_{conv}$  Laju perpindahan panas konveksi juga dinyatakan dari percobaan dapat diukur menggunakan termokopel. Sedangkan sifat

termofisik dari udara  $C_p$  dihitung berdasarkan temperatur udara rata-rata,  $m = \rho \cdot A_t \cdot V$  menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{conv} = m \cdot C_p \cdot (T_{in} - T_{out}) \quad (2.13)$$

$$Q_{conv} = h \cdot A_s \cdot \left[ T_b - \left( \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \right) \right] \quad (2.14)$$

Menghitung Koefisien perpindahan panas konveksi ( $h$ ), Koefisien perpindahan panas konveksi dapat juga dinyatakan dengan :

$$h = \frac{Nu \cdot k}{D_h} \quad (2.15)$$

Aliran fluida atau zat cair dibedakan dari benda padat karena kemampuan jalar lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relative kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Untuk menghitung laju aliran massa udara  $m$ , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$m = \rho \cdot \Delta t \cdot V \quad (2.16)$$

Menghitung penurunan tekanan (*Pressure Drop*)

Penurunan tekanan (*Pressure Drop*) dihitung dengan berdasarkan rumus.

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (2.17)$$

Untuk luas penampang melintang saluran udara maka  $A_t$  dihitung dengan rumus :

$$\Delta t = H \cdot W_b \quad (2.18)$$

### 2.5.2 Faktor Gesekan (*friction factor*)

Penelitian penurunan tekanan (*pressure drop*) sepanjang seksi uji dalam saluran bersirip diukur di bawah kondisi aliran panas. Pengukuran ini dikonversi ke faktor gesekan (*friction factor*), ( $f$ ). Faktor gesekan ditentukan dari nilai pengukuran penurunan tekanan,  $\Delta P$ , sepanjang seksi uji menggunakan persamaan



$$f = \frac{\Delta p}{\left[ \left( \frac{L}{Dh} \right) \left( \rho \cdot \frac{v^2}{2} \right) \right]} \quad (2.19)$$

### 2.5.3. Parameter Tanpa Dimensi

Persamaan perpindahan panas konveksi berkaitan dengan variabel penting yang dinamakan parameter tanpa dimensi (*dimensionless*). Parameter tanpa dimensi dalam kaitannya dengan perpindahan panas konveksi adalah:

#### 1. Bilangan Reynolds (Re)

Bilangan reynolds merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain. Dua jenis bilangan Reynolds digunakan untuk menggolongkan kondisi aliran. Pertama adalah bilangan Reynolds berdasarkan kecepatan rata-rata ( $V$ ) dalam saluran halus (*smooth duct*) dan diameter hidrolik dari saluran ( $Dh$ ) dan dinyatakan dengan .

$$Re = \frac{v \cdot Dh}{\nu} \quad (2.20)$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu} \quad (2.21)$$

#### 2. Bilangan Nusselt ( Nusselt Number )

Bilangan Nusselt adalah. Rasio perpindahan panas konveksi dan konduksi normal terhadap batas dalam kasus perpindahan panas pada permukaan fluida, bilangan nusselt adalah satuan tak berdimensi. Bilangan Nusselt dirumuskan :

$$Nu = \frac{h \cdot D_h}{k} \quad (2.22)$$

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan – lapisan yang membentuk garis – garis alir dan tidak berpotongan satu sama yang lain. Alirannya relatif mempunyai kecepatan rendah dan fluidanya bergerak

sejajar dan mempunyai batasan – batasan yang berisi aliran fluida. aliran laminar mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2300 Re ( $Re < 2300$ ).

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari suatu fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran. Semakin besar nilai bilangan Nusselt maka konveksi yang terjadi semakin efektif. Dimana nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dari 4000 ( $Re > 4000$ ).

$$Nu = 0,0023 Re^{0,8} . Pr^{0,4} \quad (2.23)$$

Untuk saluran udara segiempat, diameter hidrolis,  $D_h$ , dihitung dengan persamaan:

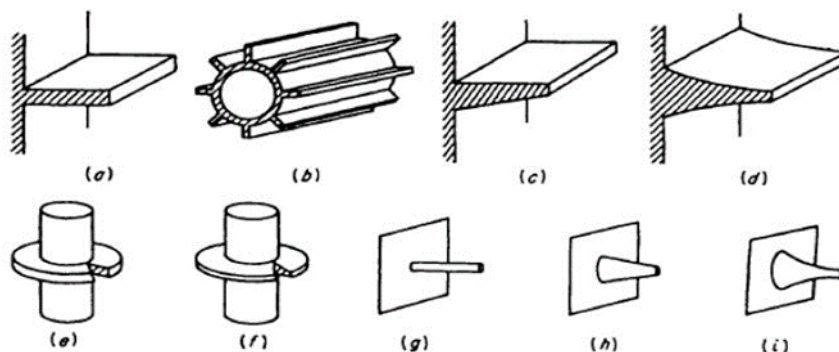
$$D_h = \frac{4.A}{p} = \frac{4.H.W_b}{2.(H + W_b)} \quad (2.24)$$

Bilangan Nu merupakan fungsi universal dari bilangan Re. Apabila fungsi bilangan Re diketahui, maka dapat digunakan untuk menghitung nilai Nu untuk fluida, nilai kecepatan, dan skala panjang yang berbeda.

## 2.6. Pengaplikasian Rusuk Terhadap Saluran Segi empat

Sirip sering digunakan pada alat penukar kalor untuk meningkatkan luasan perpindahan panas antara permukaan utama dengan fluida di sekitarnya. Idealnya, material sirip harus memiliki konduktivitas termal yang tinggi untuk meminimalkan perbedaan temperatur antara permukaan utama dengan permukaan yang diperluas (extended surface). Aplikasi sirip sering dijumpai pada sistem pendinginan ruangan, peralatan elektronik, sistem pembakaran dalam pada motor, trailing edge sudu turbin gas, alat penukar kalor kompak (compact heat exchanger) dengan udara sebagai media perpindahan panasnya. Ada berbagai tipe sirip pada alat penukar kalor yang telah digunakan diantaranya

mulai dari bentuk yang relatif sederhana seperti sirip segiempat (rectangular), silindris, annular, tirus (tapered) atau pin sampai dengan kombinasi dari berbagai geometri yang berbeda dengan jarak yang teratur dalam susunan selang-seling (staggered) ataupun segaris (inline). Hal ini menjadi subjek dari suatu penelitian yang menarik dan luas karena perannya yang penting untuk berbagai aplikasi dalam dunia keteknikan. Salah satu tipe sirip dalam peralatan penukar kalor yang mempunyai banyak pemakaian dalam berbagai aplikasi industri adalah sirip pin. Sirip pin adalah elemen berbentuk silinder atau bentuk lainnya yang dipasang secara tegak lurus terhadap dinding alat penukar panas dengan fluida pendingin mengalir dalam arah aliran melintang (crossflow) terhadap dinding alat penukar panas tersebut (bagian permukaan yang terkena panas). Sirip-sirip pin yang menonjol dari sebuah permukaan yang mengalami pemanasan dapat meningkatkan luas permukaan disipasi atau pembuangan panas dan menyebabkan pencampuran aliran yang turbulen sehingga meningkatkan unjuk kerja disipasi panas yang berdampak pada meningkatnya ketahanan (reliability) dan umur peralatan. Bentuk-bentuk sirip akan mempengaruhi luas penampang permukaan sirip tersebut. Maka perlu dilakukan penelitian pengaruh bentuk penampang sirip pin terhadap laju perpindahan panas Seperti (Gambar 2.2) menyajikan berbagai bentuk sirip yang biasanya dipakai pada perpindahan panas.



Gambar 2.2 berbagai bentuk sirip (J.P Holman, 2010)

## 2.7 Rusuk

Rusuk atau Sirip berfungsi untuk mempercepat laju perpindahan panas dengan cara memperluas permukaan benda. Ketika suatu benda mengalami perpindahan panas secara konveksi, maka laju perpindahan panas dari benda tersebut dapat dipercepat dengan cara memasang rusuk atau sirip sehingga luas permukaan benda semakin luas dan pendinginannya semakin cepat.

Menurut Naphon P. & Sookkasem A. (2007) menyatakan bahwa konduktivitas termal bahan rusuk atau sirip sangat mempengaruhi distribusi suhu sepanjang rusuk atau sirip dan oleh karena itu mempengaruhi efektifitas peningkatan laju perpindahan panas. Sirip memperbesar perpindahan panas dari suatu permukaan dengan menciptakan luas permukaan konveksi yang lebih besar. Rusuk umumnya dipasang pada saluran pendingin untuk internal pendinginan untuk turbin gas. Banyak peneliti telah mempelajari karakteristik aliran dan perpindahan panas untuk sambungan tulang rusuk pengaturan tulang rusuk yang berbeda dalam rasio aspek saluran yang berbeda.

Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019) Melakukan pengujian terdiri dari pelat Aluminium poles dengan panjang 500 mm, lebar 400 mm dan tebal 5 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Elemen kekasaran (rusuk Aluminium) telah dibuat dari yang sama Plat aluminium yang digunakan untuk bagian uji. Tulang rusuk miring memiliki penampang persegi (5 mm x 5 mm). Tulang rusuk yang berpotongan memiliki penampang yang sama dengan rusuk miring, sejajar dengan arah aliran. Tulang rusuk ini direkatkan secara manual pada pelat uji dengan epoksi termal hanya di ujungnya sebagai tetesan untuk mencegah resistensi terjadi di antara tulang rusuk

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan waktu

##### 3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya penelitian “Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang” 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 BAB1 s/d BAB 3						
5.	Seminar proposal						
6.	Perancangan desain rusuk miring berlubang						
7.	Menganalisa perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segi empat rusuk miring berlubang						
8.	Penulisan laporan akhir						
9.	Seminar hasil dan sidang sarjana						

### 3.2 Bahan dan Alat

#### 3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

##### 1. Triplek

Triplek digunakan untuk membuat saluran segiempat dengan ukuran 240 mm x 157 mm dan panjang 2440 mm. Seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Triplek

##### 2. Plat aluminium *alloy*

Plat Aluminium *alloy* untuk pembuatan rusuk miring berlubang ketebalan 10mm.. Seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Plat Aluminium alloy

### 3. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk memasang besi-besi rangka panel dan komponen-komponen lainnya. Seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Baut dan Mur

### 4. Lem kayu

Lem kayu digunakan untuk merekatkan triplek melamin. Seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Lem Kayu

#### 3.2.2 Alat penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

##### 1. Saluran udara segiempat

Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampang bagian dalam dari saluran udara segiempat adalah 152 mm x 240 mm dan panjang 2440 mm. Seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alat penelitian saluran udara segi empat

## 2. Blower

Blower merupakan modifikasi sedemikian rupa dari blower, prinsipnya adalah memanfaatkan sisi suction blower sehingga udara yang mengalir dalam saluran segiempat adalah udara yang dihisap oleh blower. Spesifikasi Tipe centrifugal air blower 3 in, daya 370 Watt, Tegangan, 220V Putaran, 800 rpm, berat 5 kg. Seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Blower

## 3. 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. Seperti pada gambar 3.7.





Gambar 3.7 Pemanas listrik (*electric heater*)

#### 4. 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, dipasang pada bagian udara masuk ke saluran udara segiempat. Seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pelurus aliran udara

#### 5. 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 sejarak 250 mm, sehingga dapat mengukur besarnya beda tekanan yang terjadi antara keduanya. Fluida yang digunakan dalam manometer ini adalah minyak makan. Seperti pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Manometer tipe U

#### 6. Termokopel tipe T

Termokopel tipe T yang dipasang di tiap titik pengukuran berbeda yaitu untuk mengukur temperatur udara masuk sebelum melewati seksi uji, mengukur temperatur udara keluar seksi uji, dan untuk mengukur temperatur permukaan base plate. Seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Termokopel tipe T

#### 7. Thermocouple digital

Alat ini digunakan untuk menunjukkan nilai temperature kelvin yang diukur oleh sensor termokopel. Seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Thermocouple digital

## 8. 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). Seperti pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Dimmer

## 9. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam saluran udara segiempat (seksi uji). Seperti pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Anemometer

## 10. Speed controler

Rheostat digunakan untuk mengatur putaran fan hisap agar didapatkan kecepatan aliran udara yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Speed cotroler

#### 11. Voltmeter digital

Voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik yang dibutuhkan heater untuk mencapai temperatur permukaan base plate yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.15



Gambar 3.15 Voltmeter igital

#### 12. Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang dibutuhkan heater untuk mencapai temperature base plate yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Amperemeter

### 13. Thermostart

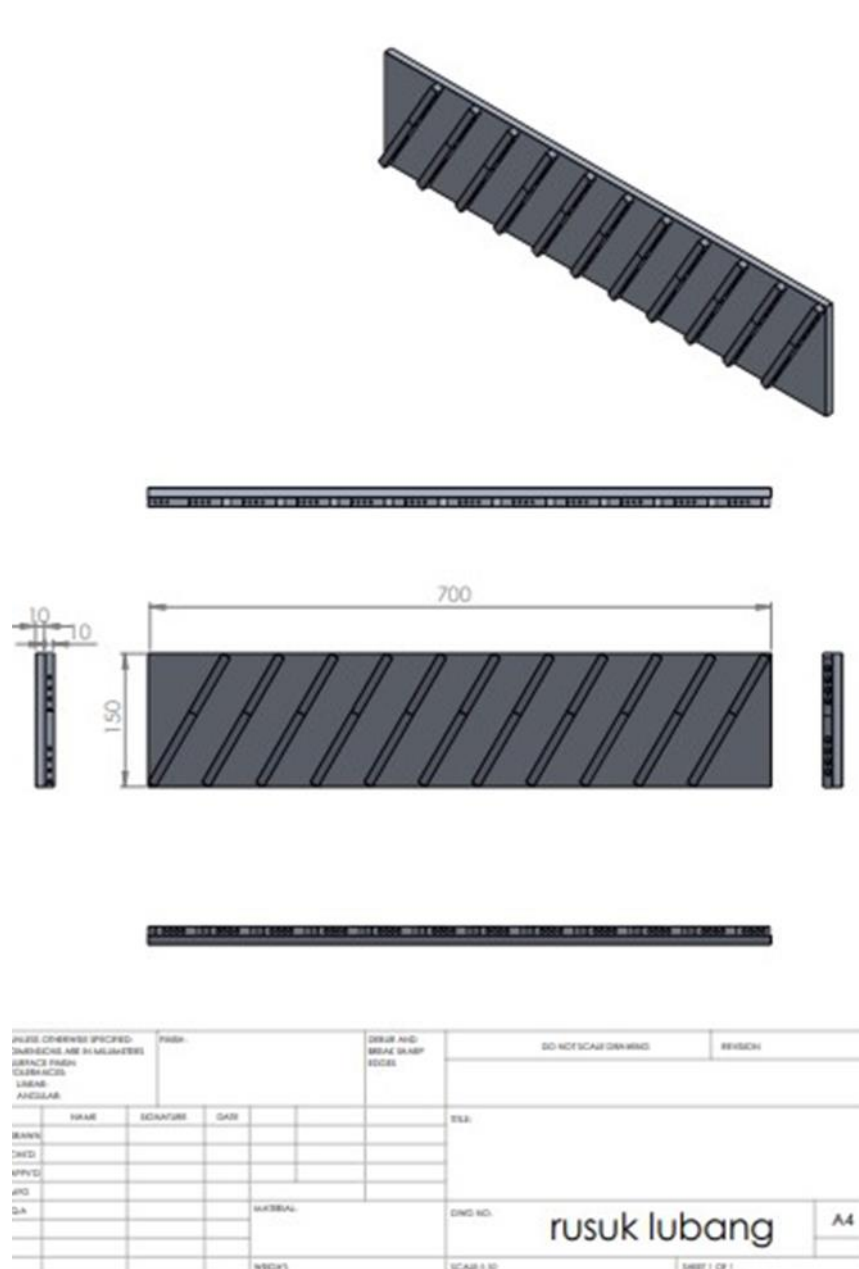
Thermostart digunakan untuk mengatur dan menjaga kesetabilan suhu sesuai dengan yang dikehendaki seperti pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Thermostart

### 3.2.3 Alat yang akan diuji

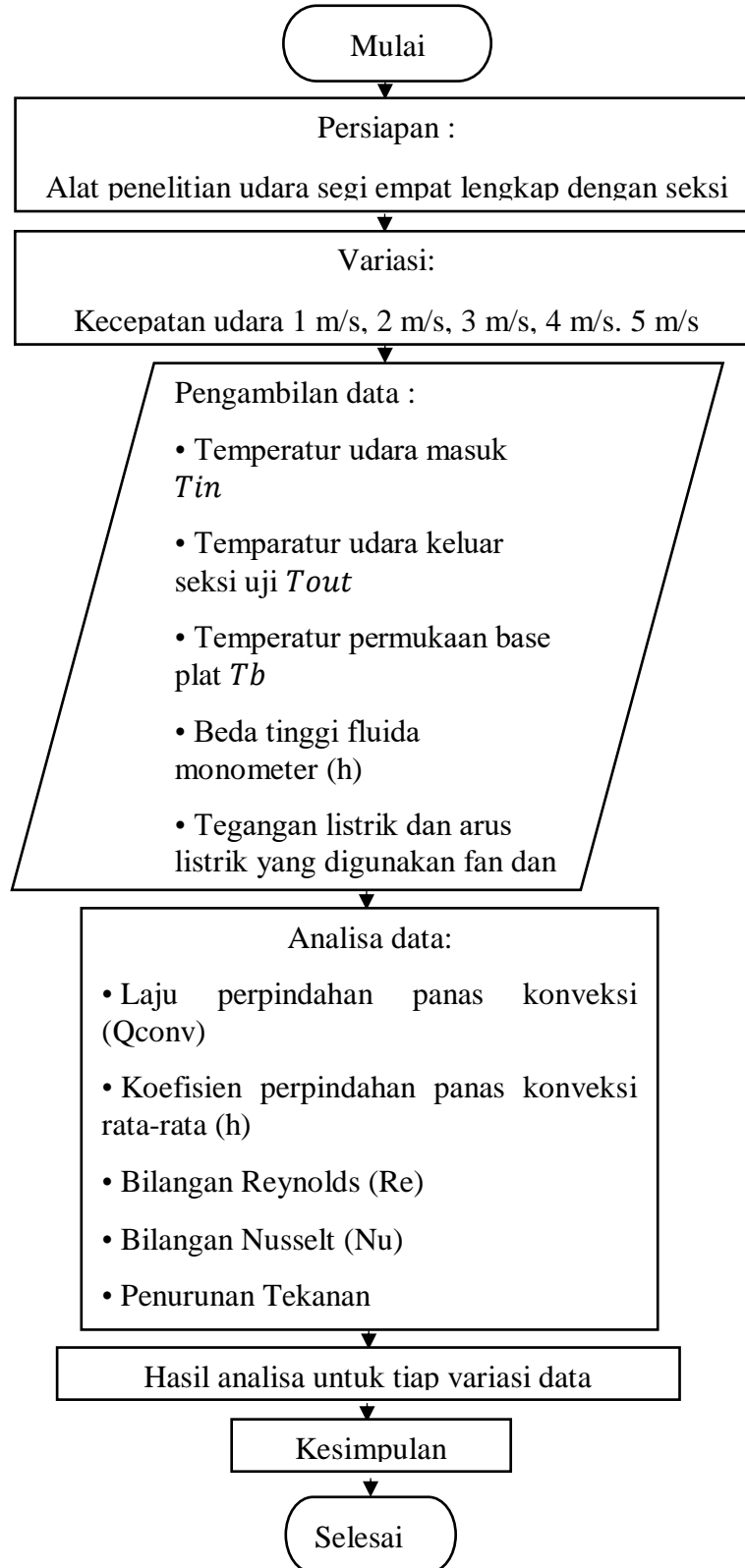
Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk Miring. Dimana penelitian ini menggunakan Rusuk miring berlubang dan tanpa rusuk hanya plat saja. Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk Miring 10 mm dengan sudut  $60^\circ$ . Seperti pada gambar 3.18



Gambar 3.18 Skema rusuk miring

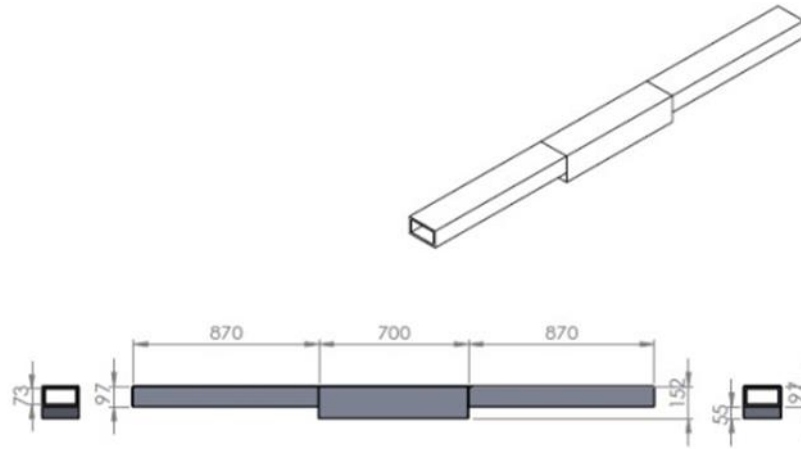
### 3.3 Bagan alir penelitian

Bagan Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut

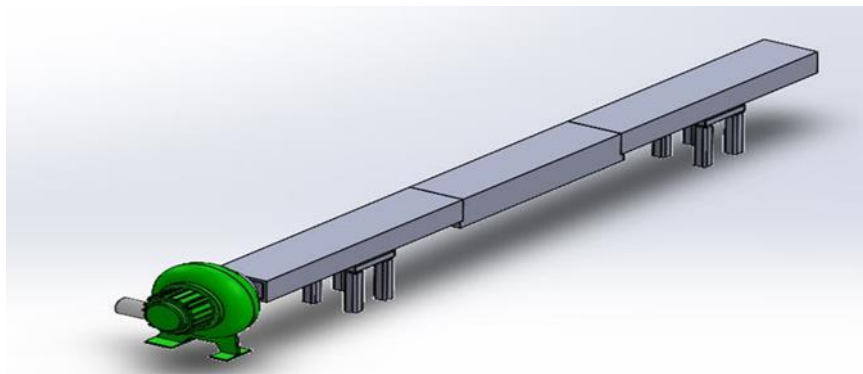


Gambar 3.19. Bagan Alir

### 3.4. Rancangan alat penelitian



Gambar 3.20 Skema Saluran segi empat



Gambar 3.21 Saluran Segi empat



.Rusuk Miring Berlubang



Gambar 3.22 Rusuk miringberlubang

### 3.5. Bagian-bagian alat penelitian:

Adapun bagian-bagian penelitian adalah sebagai berikut :

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 Miring Berlubang

### 3.6 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah Prosedur percobaan sebagai berikut:

1. Memasang spesimen rusuk Miring kedalam saluran udara
2. Menghubungkan semua termokopel
3. Menghidupkan heater sebagai pemanasan awal dan biarkan selama 5 menit untuk panas awal
4. Menghidupkan fan hisap
5. Mengatur kecepatan udara sebesar dengan mengatur putaran fan dorong menggunakan rheostat
6. Mengatur temperatur permukaan baseplate
7. Mencatat seluruh data temperature dan beda tinggi fluida, manometer (h) setiap 15 menit sampai didapatkan temperature steady
8. Mencatat tegangan listrik dan arus listrik yang mengalir pada heater dan fan hisap dengan voltmeter
9. Mematikan heater setelah selesai mengambil data
10. Mematikan fan
11. Mengulangi langkah percobaan 1-5 untuk variasi kecepatan udara lain
12. Mengulangi langkah percobaan 1-11 tanpa ada beban dari rusuk
13. Memastikan alat setelah selesai mengambil semua data

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dianalisis mengenai pengaruh bilangan Reynolds dan nuselt terhadap karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan Pada rusuk miring dalam saluran udara segiempat. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan aliran udara masuk antara 10hz=1.067 m/s, 20hz=2.262m/s, 30hz=3.511m/s, 40hz=4.584m/s dan 50hz=5.780m/s dan jarak antar rusuk miring dalam arah aliran udara yaitu sebesar 60.55mm yang diperoleh dalam pengujian ini, yaitu kecepatan aliran udara masuk, temperatur udara masuk seksi uji, temperatur udara keluar seksi uji, temperatur plat dasar, penurunan tekanan serta tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke heater dan fan hisap. Sistem dijalankan sampai didapatkan temperatur pada kondisi tunak pada tiap variasi pengujian. Proses pengambilan data adalah setiap 15 menit hingga tercapai kondisi tunak.

#### **4.1 Data Hasil Pengujian**

Dari Pengujian miring pada alat perpindahan panas saluran segiempat telah diperoleh data hasil pengamatan temperatur udara masuk seksi uji, temperatur udara keluar seksi uji, temperatur plat dasar, penurunan tekanan, kecepatan aliran udara masuk serta tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke heater dan fan hisap saat pengujian pada kondisi tunak, selengkapnya tercantum dalam lampiran.

#### **4.2 Perhitungan Data**

Berikut akan dibahas cara menghitung data untuk variasi kecepatan aliran udara 10hz – 50 hz. Contoh perhitungan pada kecepatan aliran udara 3,4m/s dapat dilihat sebagai berikut.

#### 4.2.1. Perhitungan Data Pengujian Dengan Rusuk Miring Berlubang

Tabel 4.1 Data hasil pengujian dengan rusuk miring berlubang

Frekuensi	Velocity	T(in)	T(Out)	DELTA T	Tf	DELTA h (mm)
10 hz	1.066934	30.04839	32.640323	2.591935	31.34435	0
20hz	2.261642	30.56129	32.822581	2.26129	31.69194	0
30hz	3.510857	30.56944	32.597222	2.027778	31.58333	0.5
40hz	4.583618	29.85484	31.529032	1.674194	30.69194	1
50hz	5.779824	30.33387	31.553226	1.219355	30.94355	2

Berikut akan ditampilkan perhitungan untuk variasi kecepatan udara. Data spesimen dan seksi uji:

Panjang saluran (L) = 2440mm = 2,44m

Lebar saluran (Wb) = 240mm = 0,24m

Tinggi saluran (H) = 152mm = 0,152m

Tegangan heater (Vh) = 220 V

Arus heater (Ih) = 1,8 A

Tegangan fan (Vf) = 380 V

Ketinggian fluida meter = 2A

Pada percobaan kecepatan aliran udara 5,7 m/s diperoleh Tin sebesar 30,3 °C dan Tout sebesar 31,5 °C maka :

$$T_{in \text{ rata rata}} = T_{in} = 30,3 + 273 = 303,3 \text{ K}$$

$$T_{out \text{ rata rata}} = T_{out} = 31,5 + 273 = 304,5 \text{ K}$$

- Temperatur film

$$T_f = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}$$

$$T_f = \frac{(303,3 + 304,5)K}{2}$$

$$T_f = 303,9$$

Appendix A-9 properties air 1 atmospheric pressure

Tabel 4.2. Appendix A-9 Properties of air 1 atm

Fluida property	Temperature udara 303,9
$P(kg / m^3)$	1,1634068
$Cp(J / Kg.K)$	1,005977
$u(Kg / m.s)$	1,990176
$k(W.M.k)$	0,026558
Pr	0,707142

- Luas penampang segi empat

$$A = H.Wb$$

$$A = 0,152m \times 0,24m$$

$$A = 0,036m^2$$

Saluran segiempat dengan tinggi saluran 0,152 m dan lebar saluran 0,24 m Maka luas penampang pada saluran sebesar 0,036m<sup>2</sup> .

- Diameter hidrolik saluran

$$Dh = \frac{4.A}{p}$$

$$Dh = \frac{4 \times H \times Wb}{2(H + Wb)}$$

$$Dh = \frac{4 \times 0,152m \times 0,24m}{2(0,152m + 0,24)}$$

$$Dh = 0,186m$$

Diameter saluran hidrolik adalah 0,186 m.

- Laju aliran masa udara pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang.

$$m = p.A.V$$

$$m = 1,1634068Kg / m^3 \times 0,036 \times 5,779824444m / s$$

$$m = 0,24530199Kg / s$$

Laju aliran udara yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang mendapatkan laju aliran udara sebesar 0,24530199Kg/s.

- Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang

$$Q_{conv} = m.Cp.(T_{out} - T_{in})$$

$$Q_{conv} = 0,24530199 \text{ Kg} / \text{s} \times 1,005957 \text{ J} / \text{Kg.K} \times (304,5 \text{ K} - 303,3 \text{ K})$$

$$Q_{conv} = 0,300 \text{ KW} = 300 \text{ W}$$

Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang pada kecepatan aliran udara 3,08m/s menghasilkan perpindahan panas konveksi sebesar 300 W.

- Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho.V.Dh}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,1634068 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 5,78 \text{ m} / \text{s} \times 0,186 \text{ m}}{1,990176 \times 10^{-5} \text{ Kg} / \text{m.s}}$$

$$Re = 6285,93449$$

- Untuk aliran turbulen, perhitungan Nu menggunakan korelasi Dittuse – Boeller.

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} \times Pr^{0,4}$$

$$Nu = 0,023(0,0628859)^{0,8} \times (0,707142)^{0,4}$$

$$Nu = 138,1571$$

- Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang.

$$h = \frac{Nu \times k}{Dh}$$

$$h = \frac{138,1571 \times 0,026536}{0,186}$$

$$h = 19,69744 \text{ W} / \text{m}^2 . \text{K}$$

- Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\Delta P = 875 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s} \times 2 \text{ m}$$

$$\Delta P = 17167,5$$

- Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang

$$f = \frac{\Delta P}{\left[ \left( \frac{L}{Dh} \right) \left( \rho \frac{V^2}{2} \right) \right]}$$

$$f = \frac{17167,5 \text{ Pa}}{\left[ \left( \frac{2,44 \text{ m}}{0,186 \text{ m}} \right) \left( 1,1634068 \text{ Kg} / \text{m}^3 \frac{5,780 \text{ m} / \text{s}}{2} \right) \right]}$$

$$f = 0,067$$

#### 4.2.2. Perhitungan Data Pengujian Tanpa Rusuk

Tabel 4.3 Data hasil pengujian tanpa rusuk

FREKUENSI	VELOCITY	T IN	T OUT	DELTA T	Tf	DELTA H
10 HZ	1.004628	29.291	30.85	1.5583	0.07083	0
20 HZ	2.108956	30.42	31.67	1.2483	1.04583	1
30 HZ	2.842525	31.04	32.35	1.3080	1.69919	2
40HZ	4.451947	31.72	33.61	1.8983	2.67016	3
50HZ	5.288631	32.50	34.26	1.7629	3.3879	4

Panjang saluran ( L ) : 2440 mm = 2,44 m

Lebar Saluran( Wb ) : 240 mm = 0,24 m

Tinggi saluran ( H ) : 152 mm = 0,152 m

Tegangan Heater ( Vh ) : 220 V

Arus Heater ( Ih ) : 1,8 A

Tegangan fan ( Vf ) : 380 V

Arus fan ( If ) : 1,A

Ketinggian fluida manometer ( h ): 2 mm

Pada percobaan kecepatan aliran udara 2,8 m/s diperoleh  $T_{in}$  sebesar 31 °C dan  $T_{out}$  sebesar 33,2 °C maka :

$$T_{in} \text{ rata rata} = T_{in} = 31 + 273 = 304,15 \text{ K}$$

$$T_{out} \text{ rata rata} = T_{out} = 33,2 + 273 = 305,45 \text{ K}$$

- Temperatur film

$$T_f = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}$$

$$T_f = \frac{(304,15 + 305,45)K}{2}$$

$$T_f = 304,8K$$



Appendix A-9 properties air 1 atmospheric pressure

Tabel 4.4. Appendix A-9 Properties of air 1 atm

Fluida property	Temperature udara 304,8
$\rho(Kg / m^3)$	1,1601776
$Cp(J / Kg.K)$	1,006017
$\mu(Kg / m.s)$	1,991832
$k(W / m.K)$	0,026604
Pr	0,706944

- Luas penampang saluran udara segiempat

$$A = H.Wb$$

$$A = 0,152m \times 0,24m$$

$$A = 0,036m^2$$

Saluran segiempat dengan tinggi saluran 0,152 m dan lebar saluran 0,24, Maka luas penampang pada saluran sebesar 0,036m<sup>2</sup> .

- Diameter hidrolik saluran

$$Dh = \frac{4.A}{P}$$

$$Dh = \frac{4xH \times Wb}{2(H + Wb)}$$

$$Dh = \frac{4 \times 0,152m \times 0,24m}{2(0,152m + 0,24)}$$

$$Dh = 0,186m$$

Diameter hidrolik saluran adalah 0,186 m.

- Laju aliran masa udara pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang.

$$m = \rho.A.V$$

$$m = 1,1601776Kg / m^3 \times 0,036 \times 3,4m / s$$

$$m = 0,11794Kg / .s$$

Laju aliran udara yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang mendapatkan laju aliran udara sebesar 0,11794Kg/s.

- Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring berlubang.

$$Q_{conv} = m.Cp.(T_{out} - T_{in})$$

$$Q_{conv} = 0,11794 Kg / s \times 1,006017 J / Kg.K \times (305,45K - 304,15K)$$

$$Q_{conv} = 0,1542KW = 154,2W$$

Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang pada kecepatan aliran udara 2,8m/s menghasilkan perpindahan panas konveksi sebesar 154,2 W.

- Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho.V.Dh}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,1601776 Kg / m^3 \times 2,824m / s \times 0,186m}{1,991832 \times 10^{-5} Kg / m.s}$$

$$Re = 30594,92602$$

- Untuk aliran turbulen, perhitungan Nu menggunakan korelasi Dittuse – Boeller.

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} \times Pr^{0,4}$$

$$Nu = 0,023(30594,92,602)^{0,8} \times (0,706944)^{0,4}$$

$$Nu = 80,30032$$

- Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang.

$$h = \frac{Nu \times k}{Dh}$$

$$h = \frac{80,30032 \times 0,026604}{0,186}$$

$$h = 11,48554W / m^2 .K$$

- Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\Delta P = 852 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s} \times 0,002 \text{ m}$$

$$\Delta P = 17,1675$$

- Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang

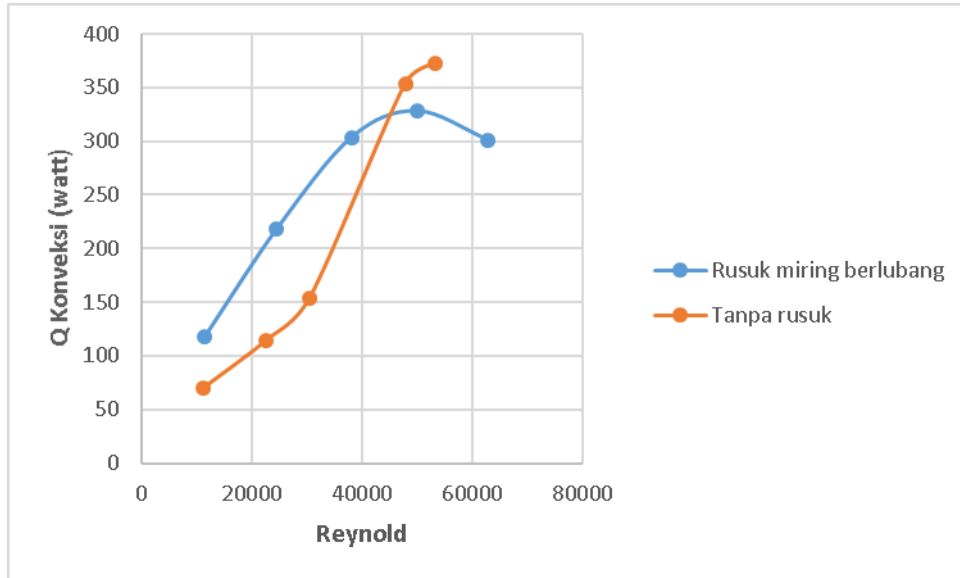
$$f = \frac{\Delta P}{\left[ \left( \frac{L}{Dh} \right) \left( \rho \frac{V^2}{2} \right) \right]}$$

$$f = \frac{17,1675 \text{ Pa}}{\left[ \left( \frac{24,4 \text{ m}}{0,186 \text{ m}} \right) \left( 1.1601776 \text{ Kg} / \text{m}^3 \frac{2.824 \text{ m} / \text{s}}{2} \right) \right]}$$

$$f = 0,282883$$

### 4.3 Pembahasan

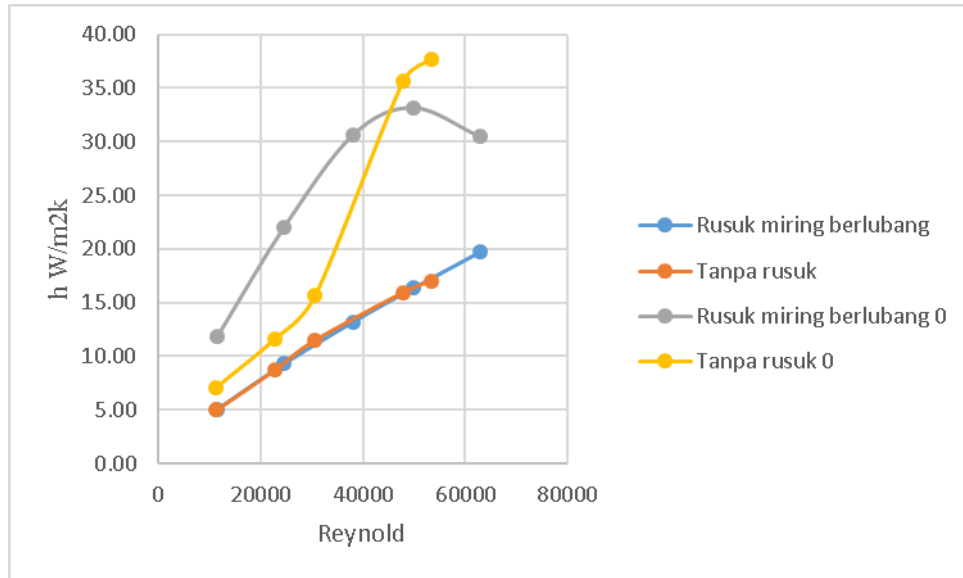
#### 4.3.1 Pengaruh bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)



Gambar 4 .1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)

Dari gambar data 4.1 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt). Semakin meningkatnya nilai perpindahan panas konveksi maka akan semakin besar bilangan Reynold. Hal ini disebabkan laju aliran udara pada blower dapat meningkatkan konveksi perpindahan panas. Nilai konveksi perpindahan panas terjadi pada rusuk miring berlubang sebesar 300,8919702 watt.

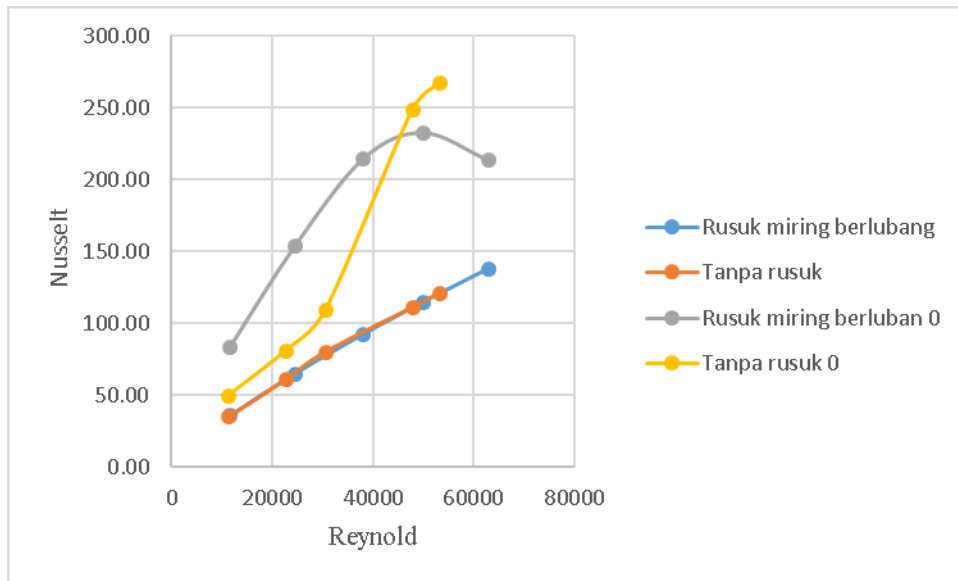
#### 4.3.2. Pengaruh bilangan Reynold terhadap koefisien Perpindahan panas Konveksi



Gambar 4.2. Grafik pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi  $W / m^2 .K$

Dari gambar grafik 4.2 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Koefisien perpindahan panas konveksi Watt. Semakin meningkat nilai koefisien konveksi maka akan semakin meningkatnya bilangan Reynold. Hal ini disebabkan laju aliran udara pada blower meningkat panas dari saluran, sehingga koefisien perpindahan panasnya akan semakin meningkat. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi maksimum pada plat dengan rusuk miring berlubang sebesar  $19,6974 W / m^2 .K$  . Semakin besar nilai koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata, maka semakin besar laju perpindahan panas konveksi yang terjadi.

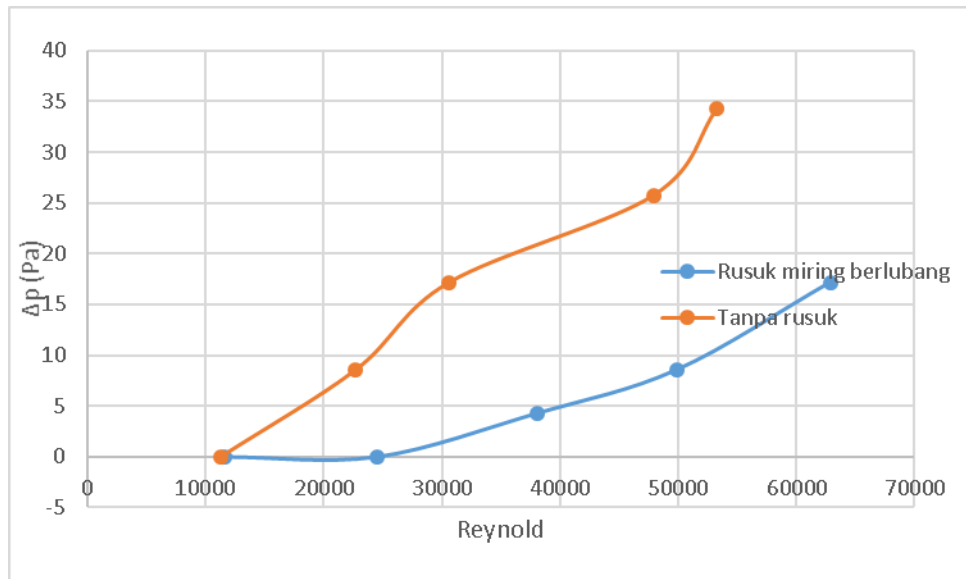
### 4.3.3 Pengaruh bilangan Reynold terhadap Nusselt



Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt

Dari gambar grafik 4.3 pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt. Semakin besar nilai bilangan Nusselt maka akan semakin meningkatnya bilangan Reynold. Hal ini disebabkan naiknya koefisien perpindahan panas pada saluran akibat laju aliran udara pada blower. Sehingga terjadinya aliran turbulen membuat partikel – partikel fluida mengalir secara acak pada permukaan saluran tersebut. Terlihat pada bilangan Reynold semakin banyak penambahan rusuk maka akan semakin besar nilai bilangan Nusseltnya. Nilai bilangan Nusselt maksimum terjadi pada rusuk miring berlubang 138,161. Dari Gambar 4.3 ini terlihat bahwa bilangan Reynolds berpengaruh kuat pada laju perpindahan panas.

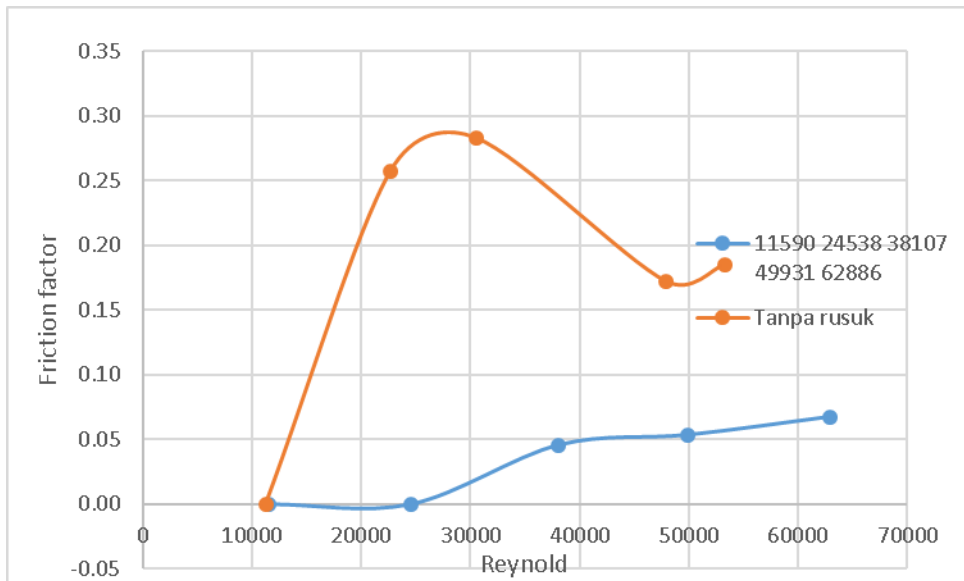
#### 4.3.4 Pengaruh bilangan Reynold terhadap Preasure Drop



Gambar 4.4 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Pressure drop* (Pa)

Dari gambar grafik 4.4 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Pressure drop (Pa). Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin meningkatnya pressure drop yang terjadi. Pressure drop yang terjadi pada perpindahan panas yang menggunakan rusuk miring berlubang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa rusuk. Dapat dijelaskan bahwa penambahan jumlah rusuk miring berlubang mengurangi pressure dropnya dibanding yang terjadi pada saat tanpa rusuk. Nilai pressure drop maksimum terjadi pada rusuk miring berlubang sebesar 17,1675 Pa.

#### 4.3.5 Pengaruh bilangan Reynold terhadap *friction factor*

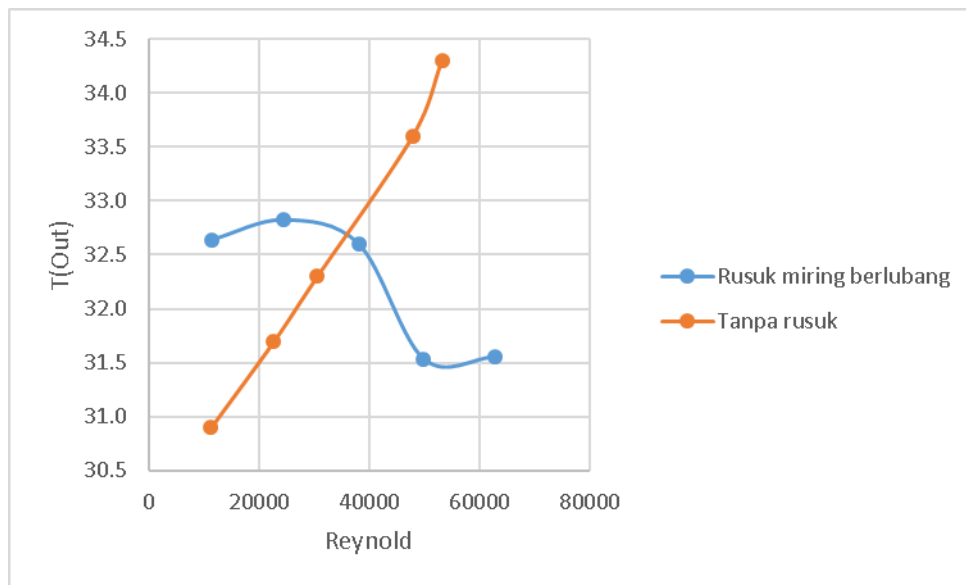


Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Friction factor*

Dari gambar grafik 4.5 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Friction factor Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin tinggi Friction factor yang terjadi. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi bilangan Reynold maka kecepatan pada aliran udara yang terjadi akan semakin tinggi. Dimana nilai Friction factor yang terjadi berbanding terbalik dengan nilai kecepatan udara, sehingga mengakibatkan Friction factor akan semakin tinggi saat tanpa rusuk. dan pada saat ditambah rusuk nilai frintion faktor tidak terlalu tinggi dibandingkan tanpa rusuk..



#### 4.3.6 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Tout



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Tout

Dari gambar grafik 4.6 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out  
Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin tinggi T out yang terjadi. Kecepatan aliran udara sangat berpengaruh T out, semakin laju kecepatan aliran udaranya maka semakin naik T out yang di hasilkan, karena panas didalam saluran dihembuskan udara dengan cepat melalui fan.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil dari analisa perpindahan panas pada saluran segiempat dengan rusuk miring berlubang disimpulkan bahwa aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang cukup baik menambahkan rusuk miring berlubang. Dan dapat di ketahui dari hasil kecepatan aliran udara masuk di peroleh perpindahan panas konveksi tertinggi pada rusuk miring berlubang sebesar 300,891987W, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar  $19,6974 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$ . dan tanpa rusuk sebesar 372,5431W, koefisien tertinggi tanpa rusuk  $17,0136 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$ .
2. Dengan penambahan rusuk miring berlubang pressure drop yang terjadi sangat rendah dibandingkan tanpa rusuk. Nilai pressure drop maksimum yang terjadi pada rusuk miring berlubang 17.1675 Pa, sedangkan tanpa rusuk nilai maksimum preassure drop adalah 34.335 Pa

#### 5.2. Saran

1. Temperatur udara lingkungan harus diperhatikan agar temperatur udara yang masuk kedalam saluran lebih stabil, karena perbedaan temperatur yang tinggi sangat mempengaruhi udara yang masuk kesaluran
2. Untuk Studi eksprimental selanjut di harapkan menggunakan saluran yang memiliki variasi rusuk untuk menganalisa proses perpindahan panas yang terjadi. serta unjuk kerja termal dari Variasi rusuk yang dibuat.
3. Mengkalibrasi sebelum menggunakan alat alat penelitian, agar tidak terjadi kesalahan saat pengambilan data

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfarawi, S., Abdel-Moneim, S. A., & Bodalal, A. (2017). Experimental investigations of heat transfer enhancement from rectangular duct roughened by hybrid ribs. *International Journal of Thermal Sciences*, *118*, 123–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2017.04.017>
- Asrofi, M. (2014). Analisis Pengaruh Panjang Dan Luasan Sirip (Fin) Longitudinal Profil Persegi Panjang Terhadap Laju Perpindahan Kalor.
- Bhadouriya, R., Agrawal, A., & Prabhu, S. V. (2015). Experimental and numerical study of fluid flow and heat transfer in a twisted square duct. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *82*, 143-158.
- Deworo, Y. (2010). Pengujian karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan dari inline elliptical pin fin array dalam rectangular channel.
- Gao, X., & Sunden, B. (2001). Heat transfer and pressure drop measurements in rib-roughened rectangular ducts. *Experimental Thermal and Fluid Science*, *24*(1-2), 25-34.
- Hakim, L. (2019). Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di Tinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh. *Jurnal Surya Teknika*, *1*(04), 50–55. <https://doi.org/10.37859/Jst.V1i04.1188>
- Hooman, K. (2008). A perturbation solution for forced convection in a porous-saturated duct. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, *211*(1), 57–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cam.2006.11.005>
- Hwang, S. D., Kwon, H. G., & Cho, H. H. (2008). Heat transfer with dimple/protrusion arrays in a rectangular duct with a low Reynolds number range. *International journal of heat and fluid flow*, *29*(4), 916-926.
- Istanto, T., & Rokhadi, A. W. (2011). *PENGUJIAN KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN SIRIP-SIRIP PIN ELLIPS SUSUNAN SELANG-SELING DALAM SALURAN SEGIEMPAT*  
*Abstract : 9, 300–307*
- K. Umurani; Arya Rudi Nasution; Material, J. R., Energi, M., Dengan, S., & Derajat, R. V. (2021). *Ft-Umsu Ft-Umsu*. *4*(1), 37–46
- Kotcioglu, I., Cansiz, A., & Khalaji, M. N. (2013). Experimental investigation for optimization of design parameters in a rectangular duct with plate-fins heat exchanger by Taguchi method. *Applied Thermal Engineering*, *50*(1), 604-613.

- Levy, E., Neti, S., Brown, G., Bayat, F., & Kadambi, V. (1986). Laminar heat transfer and pressure drop in a rectangular duct rotating about a parallel axis.
- Molki, M., & Mostoufizadeh, A. R. (1989). Turbulent heat transfer in rectangular ducts with repeated-baffle blockages. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 32(8), 1491-1499.
- Nuraini, E; Martoyo; Sigit (1996) Pengaruh Suhu Dan Media Pendingin Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Perlakuan Panas ALMG2. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah. pp 57 – 62. Mikro pada perlakuan panas ALMG2. Prosiding pertemuan dan Prestasi Ilmiah, pp 57-62
- Pandoyo, W. (2011). Pengujian karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan dari sirip-sirip pin segiempat susunan selang-seling dalam saluran segiempat
- Rashidi, S., Akbarzadeh, M., Karimi, N., & Masoodi, R. (2018). Combined effects of nanofluid and transverse twisted-baffles on the flow structures, heat transfer and irreversibilities inside a square duct—a numerical study. *Applied Thermal Engineering*, 130, 135-148.
- Umurani, K., Muharnif, M., & Siregar, A. M. (2021). Analisa Numerik Pengaruh Diameter Lubang Berperforasi Rusuk V Terhadap Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)/Journal MESIL (Machine Electro Civil)*, 2(1), 54-65
- Wahyudi, S., Kurniawan, A., & Hamidi, N. (2010). Analisis Perpindahan Panas pada Saluran Berliku Berpenampang Segi Empat dengan Variasi Clearance Belokan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 1(1), 9-15
- Zhang, X., Zhang, Y., Liu, Z., & Liu, J. (2020). Analysis of heat transfer and flow characteristics in typical cambered ducts. *International Journal of Thermal Sciences*, 150, 106226.

## **LAMPIRAN**

**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
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

<sup>†</sup>From *Natl. Bur. Stand. (U.S.) Circ. 564, 1955.*

**Table 1-1** | Thermal conductivity of various materials at 0°C.

Material	Thermal conductivity <i>k</i>	
	W/m · °C	Btu/h · ft · °F
Metals:		
Silver (pure)	410	237
Copper (pure)	385	223
Aluminum (pure)	202	117
Nickel (pure)	93	54
Iron (pure)	73	42
Carbon steel, 1% C	43	25
Lead (pure)	35	20.3
Chrome-nickel steel (18% Cr, 8% Ni)	16.3	9.4
Nonmetallic solids:		
Diamond	2300	1329
Quartz, parallel to axis	41.6	24
Magnesite	4.15	2.4
Marble	2.08–2.94	1.2–1.7
Sandstone	1.83	1.06
Glass, window	0.78	0.45
Maple or oak	0.17	0.096
Hard rubber	0.15	0.087
Polyvinyl chloride	0.09	0.052
Styrofoam	0.033	0.019
Sawdust	0.059	0.034
Glass wool	0.038	0.022
Ice	2.22	1.28
Liquids:		
Mercury	8.21	4.74
Water	0.556	0.327
Ammonia	0.540	0.312
Lubricating oil, SAE 50	0.147	0.085
Freon 12, CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.073	0.042
Gases:		
Hydrogen	0.175	0.101
Helium	0.141	0.081
Air	0.024	0.0139
Water vapor (saturated)	0.0206	0.0119
Carbon dioxide	0.0146	0.00844

**Data rata rata pengujian 15 menit dengan menggunakan media rusuk miring berlubang**

Frekuensi	Velocity (m/s)	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Delta T(°C)	TF (°C)	Manometer (mm)	L (m)	Wb (m)	H (m)	R (ohm)	Ih (A)	VF (V)
10 Hz	1.067	30.0	32.6	2.6	31.34	0	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380
20 Hz	2.262	30.6	32.8	2.3	31.69	0	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380
30 Hz	3.511	30.6	32.6	2.0	31.58	0.5	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380
40 Hz	4.584	29.9	31.5	1.7	30.69	1	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380
50 Hz	5.780	30.3	31.6	1.2	30.94	2	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380

tf (K)	P(Kg/m <sup>3</sup> )	Cp (Kj/Kg)	$\mu \times 10^{-5}$	k (W/m-C)	Pr	Dh
304.344355	1.1619716	1.005984	1.990912	0.026566	0.707054	0.186122449
304.691935	1.1608952	1.006004	1.991464	0.026589	0.706988	0.186122449
304.583333	1.161254	1.005997	1.99128	0.026581	0.70701	0.186122449
303.691935	1.1644832	1.005938	1.989624	0.026513	0.707208	0.186122449
303.943548	1.1634068	1.005957	1.990176	0.026536	0.707142	0.186122449

m (Kg/s)	Q Konveksi (Watt)	Reynold	Nusselt	Koefisien hm <sup>2</sup> k	m (Kg/s)	h (W/m <sup>2</sup> k)	Delta p (Pa)	faktor gesekan
0.05	118	11590	35.71	5.10	0.045226	5	0	0.00
0.10	218	24538	65.07	9.30	0.095779	9	0	0.00
0.15	303	38107	92.53	13.22	0.148729	13	4.291875	0.05
0.19	328	49931	114.88	16.36	0.194714	16	8.58375	0.05
0.25	301	62886	138.16	19.70	0.245302	20	17.1675	0.07



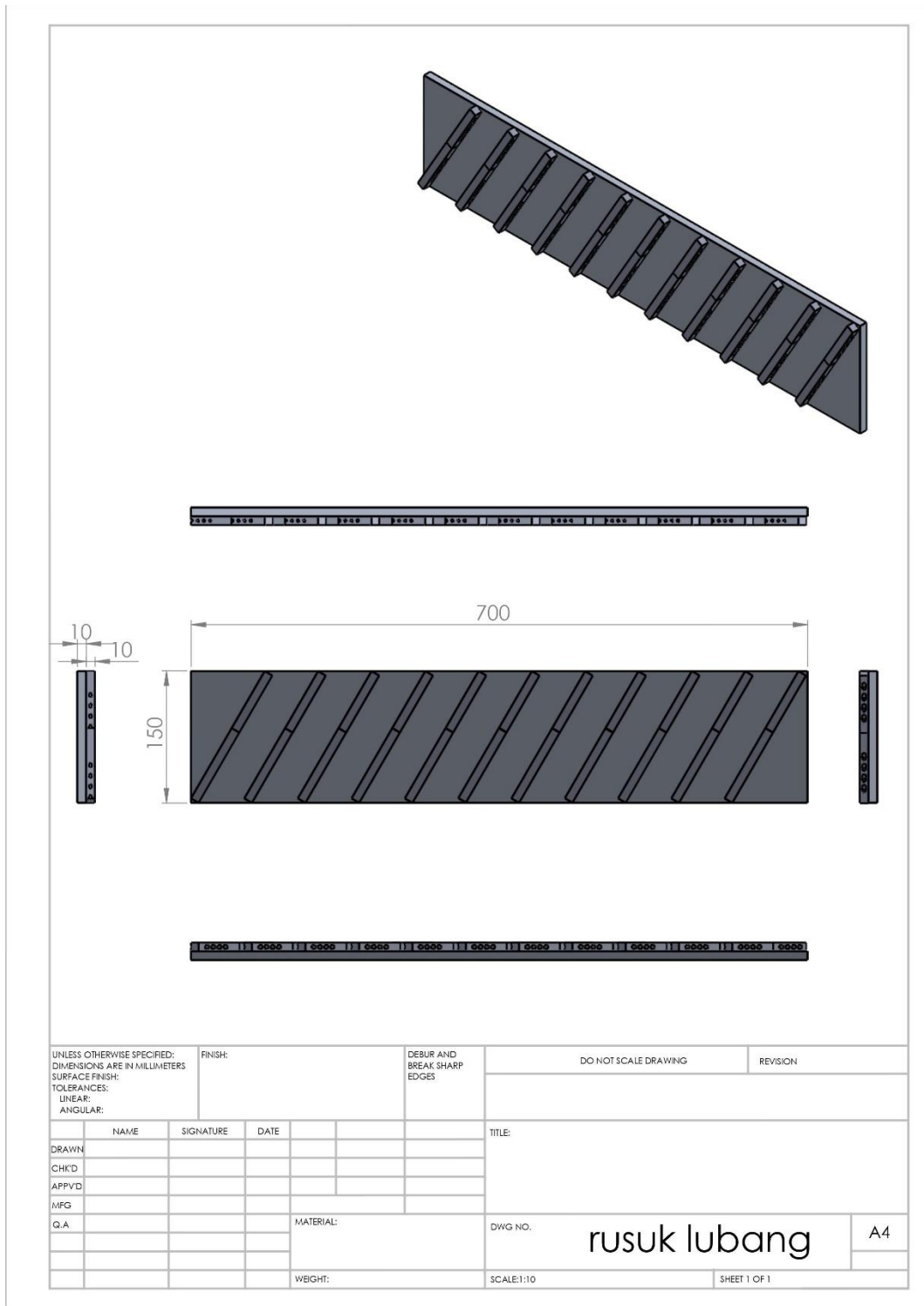
**Data rata-rata pengujian 15 menit tanpa menggunakan media Rusuk Miring berulang**

Frekuensi	Velocity	T in	T out	Delta T	Tf	Pressure Drop	L(m)	Wb(m)	H(m)	R(ohm)	Ih(A)	Vf(V)	If(A)
10	1.037	29.3	30.9	1.6	30.1	0	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380	1.25
20	2.092	30.4	31.7	1.3	31.05	1	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380	1.25
30	2.824	31	32.3	1.3	31.65	2	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380	1.25
40	4.439	31.7	33.6	1.9	32.65	3	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380	1.25
50	4.952	32.5	34.3	1.8	33.4	4	2.44	0.24	0.152	140	1.8	380	1.25

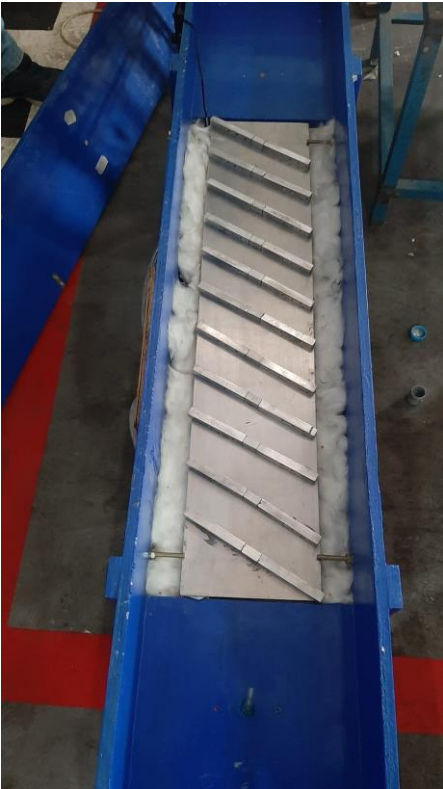
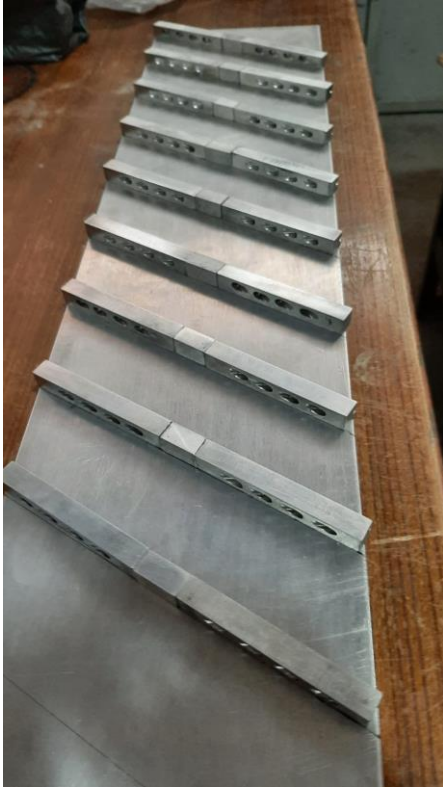
Tf(K)	p(kg/m <sup>3</sup> )	Cp(kj/kg)	$\mu$ x10 <sup>-5</sup>	k(W/m-C)	Pr
303.25	1.165739	1.00592	1.98898	0.0266	0.707285
304.2	1.1623304	1.00598	1.990728	0.0266	0.707076
304.8	1.1601776	1.00602	1.991832	0.0266	0.706944
305.8	1.1565896	1.00608	1.993672	0.0267	0.706724
306.55	1.1538986	1.00613	1.995052	0.0262	0.706559

m(Kg/s)	Q konveksi (Watt)	Reynold	Nusselt	Koefisien w m <sup>2</sup> K	Delta p	faktor gesekan	HO	NO
0.04	70	11305	35.01	5.0040	0	0.0	7	50
0.09	114	22719	61.18	8.7360	8.58375	0.3	12	81
0.12	154	30595	80.30	11.4855	17.1675	0.3	16	109
0.18	353	47899	111.09	15.9353	25.75125	0.2	36	249
0.21	373	53273	120.95	17.0136	34.335	0.2	38	268

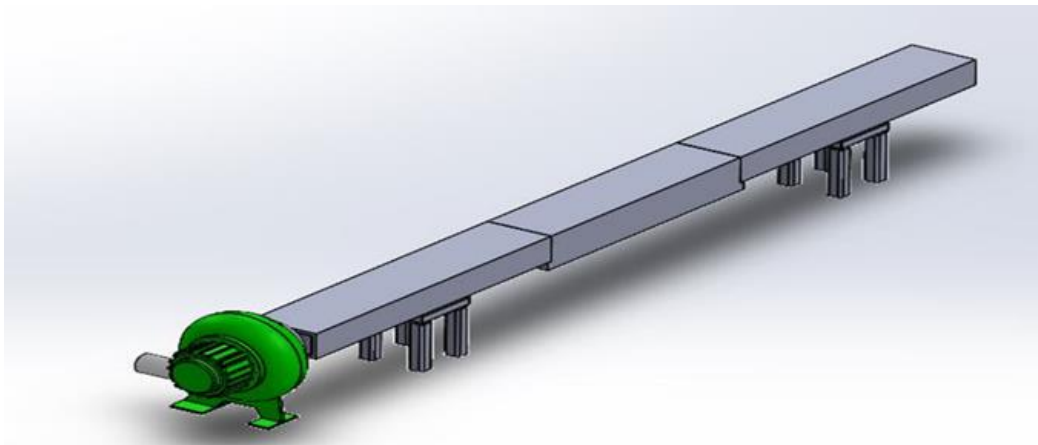
# RUSUK MIRING BERLUBANG



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN			SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHKD										
APPVD										
MFG										
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		rusuk lubang	
							SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1	
									A4	



Saluran segi empat



## PROSES PENGAMBILAN DATA





### LEMBAR ASISTENSI

Nama: Muhammad Faza Saifullah

NPM :1707230003

Dosen Pembimbing:

Khairul Umurani,ST.MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pemberan Spesifikasi tugas	u
		- Perbaiki tujuan Penelitian	u
		- Perbaiki tujuan Pustaka	u
		- Lengkapi Rumus - Rumus	u
		- Perbaiki metode	u
		- Lengkapi Prosedur Penelitian	u
		- Acc seminar proposal.	u

**LEMBAR ASISTENSI**

Nama: Muhammad Faza Saifullah  
 NPM :1707230003

Dosen Pembimbing:  
 Khairul Umurani,ST.MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
			h
			h
			h
			h
			h
			h
			h
			h
		Asisten dete h	h
		Revisi lengkap	h
		Ke, semua h	h



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://fatek.umsu.ac.id>

[fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

[f umsumedan](#)

[@ umsumedan](#)

[t umsumedan](#)

[u umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 2176/II.3AU/UMSU-07/F/2021**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 09 Desember 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD FAZA SAIFULLAH  
Npm : 1707230003  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : IX (SEMBILAN)  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN PENAMBAHAN RUSUK MIRING BERLUBANG

Pembimbing : 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
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 05 Jumadil Awwal 1443 H

09 Desember 2021 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202



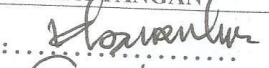


**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar








Nama : Muhammad Faza Saifullah

NPM : 1707230003

Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	Khairul Umurani, ST, MT	
Pemanding – I	:	Chandra A Siregar, ST, MT	
Pemanding – II	:	Arya Rudi Nst, ST, MT	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230001	Andre Rahdianto	
2	1707230042	IKHSAN ABDILLAH	
3	1807230137	DEDE PRAYOGA S.	
4	1807230046	FITRA AKBAR	
5	1807230091	Muhamad Fau Saputra	
6	1807230017	PARIS SYAHPUTRA	
7	1807230083	ARI PRAGOEI NASUTION	
8			
9			
10			

Medan, 25 Shafar 1444 H  
22 September 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



  
Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muhammad Faza Saifullah  
NPM : 1707230003  
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
  2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
    - ..... Menyusun ulang dengan Template
    - ..... Tambahkan Daftar Pustaka (Kutipan Jurnal)
    - ..... Memahami Materi untuk sidang
  3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :  
.....  
.....  
.....


Medan 25 Shafar 1444 H  
22 September 2022 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



*[Signature]*  
Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Arya Rudi Nst, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Muhammad Faza Saifullah  
NPM : 1707230003  
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring Berlubang

Dosen Pemanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pemanding – II : Arya Rudi Nst, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain : *Chat buku tugas akhir*  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan, 25 Shafar 1444 H  
22 September 2022 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pemanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT

Chandra A Siregar, ST, MT



#### **A. DATA PRIBADI**

Nama : Muhammad Faza Saifullah

Jenis Kelamin : Laki Laki

Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 06 Februari 2000

Alamat : Jln Binjai km 10,5 Gg Bina Mitra

Agama : Islam

Email : [fazasaifullah06@gmail.com](mailto:fazasaifullah06@gmail.com)

No. Hp : 089613111781

#### **B. RIWAYAT PENDIDIKAN**

1. SD NEGERI 105275 Medan Tahun 2004 – 2010
2. SMP Darussalam Tahun 2010 – 2013
3. SMK TKR Raksana Tahun 2013 – 2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 - 2022