

TUGAS AKHIR

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

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

Disusun Oleh:

IKHSAN ABDILLAH

1707230042



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ikhsan Abdillah
NPM : 1707230042
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring
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 Penguji -II



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

Dosen Penguji -III



Khairul Umurani, ST.,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 : Ikhsan Abdillah
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 07Juli 1998
NPM : 1707230042
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”

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, 26 September 2022

Saya yang menyatakan,



Ikhsan Abdillah

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 dengan sudut 60° , material yang digunakan rusuk miring menggunakan aluminium. 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 1.262 m/s, 2.276 m/s, 3.69 m/s, 4.856 m/s dan 6.009 m/s . Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang baik adalah dengan menggunakan rusuk miring . Pada percobaan dengan kecepatan udara 6.009 m/s di peroleh konveksi perpindahan panas sebesar 377,00675 w, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 20,97515 w/m².K,pressure drop tertinggi sebesar 17,1675Pa dan faktor gesekan yang terjadi sebesar0,06277. Sehingga dari hasil percobaan tersebut rusuk miring 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 elements used in the channel use mirin ribs with an angle of 60°, the material used is aluminum 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 1,262 m/s, 2,276 m/s, 3.69 m/s, 4.856 m/s and 6,009 m/s. From the experimental results obtained a good heat transfer is to use inclined ribs. In an experiment with an air velocity of 6,009 m/s, the convection heat transfer was 377,00675 w, the highest convection heat transfer coefficient was 20.97515 w/m².K, the highest pressure drop was 17.1675Pa and the friction factor was 0.06277. So from the results of these experiments, oblique ribs are less effective as ribs.

Key words : Reynolds Number, Nusselt Number, Quadrilateral Channel, Oblique Rib, Velocity

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 Dengan Penambahan Rusuk Miring" Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam menyelesaikan proposal ini mulai dari proses awal sampai proses akhir penyelesaian, penulis telah banyak menerima bantuan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak, sehingga proposal 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 Umurani, ST.,M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan 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, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Srg, ST.,MTselaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Univesitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dari awal kuliah hingga sekarang.
6. Orang tua saya: Irhas dan Ibunda Nuri Yuni selaku orang tua yang selama ini telah banyak memberikan dorongan moral, materi serta do'a dan kasih sayangnya kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat saya Khoirul Latif Simamora Andre Rahdianto, Faza Saifullah, Muhammad waldi 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

Ikhsan Abdillah
NPM. 1707230042

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR NOTASI | xii |
| DAFTAR GRAFIK | xiii |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Ruang Lingkup | 2 |
| 1.4. Tujuan | 3 |
| 1.5. Manfaat | 3 |
| | |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.2. Dasar Perpindahan Panas | 5 |
| 2.2.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi | 5 |
| 2.2.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi | 6 |
| 2.2.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi | 7 |
| 2.3. Rusuk | 7 |
| 2.4. Aplikasi Rusuk | 8 |
| 2.5. Konduktivitas Termal | 9 |
| 2.6. Parameter Tanpa Dimensi | 10 |
| 2.6.1. Bilangan Reynolds (Reynolds Number) | 10 |
| 2.6.2. Bilangan Nusselt (Nusselt Number) | 11 |
| 2.7. Penurunan Tekanan Dan Faktor Gesekan | 13 |
| | |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 15 |
| 3.1. Tempat dan Waktu | 15 |
| 3.1.1. Tempat Penelitian | 15 |
| 3.1.2. Waktu Penelitian | 15 |
| 3.2. Bahan Dan Alat | 16 |
| 3.2.1. Bahan Penelitian | 16 |
| 3.2.2. Alat Penelitian | 18 |
| 3.2.3. Alat yang akan diuji | 23 |
| 3.3. Bagan Alir Penelitian | 24 |
| 3.4. Rancangan Alat Penelitian | 25 |
| 3.5. Bagian Bagian Alat penelitian | 26 |
| 3.6. Prosedur Penelitian | 26 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 27 |
| 3.7. Data Hasil Pengujian | 27 |
| 3.8. Perhitungan Data | 27 |
| 3.9. Pembahasan | 34 |
| | |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 38 |
| 5.1. Kesimpulan | 38 |
| 5.2. Saran | 38 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |
| | |
| LAMPIRAN | |
| LEMBAR ASISTENSI | |
| SK PEMBIMBINGAN | |
| BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL | |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan | 8 |
| Tabel 3.1 Jadwal Dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian | 14 |
| Tabel 4.1. Data Hasil pengujian dengan rusuk Miring | 27 |
| Tabel 4.2. Appendix A-5 Properties of air at atmospheric pressure | 27 |
| Tabel 4.3. Data hasil pengujian tanpa rusuk | 29 |
| Tabel 4.4. Appendix A-5 Properties of air at atmospheric pressure | 30 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi | 5 |
| Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi | 6 |
| Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi | 6 |
| Gambar 2.4 Berbagai Bentuk Sirip | 7 |
| Gambar 2.5 Aliran Laminar | 10 |
| Gambar 2.6 Aliran Turbulen | 11 |
| Gambar 3.1 Plat Alumunium Alloy | 15 |
| Gambar 3.2 Triplek Melamin | 15 |
| Gambar 3.3 Besi Siku Berlubang | 16 |
| Gambar 3.4 Baut Dan Mur | 16 |
| Gambar 3.5 Lem Kayu | 16 |
| Gambar 3.6 Alat Penelitian | 17 |
| Gambar 3.7 Blower | 14 |
| Gambar 3.8 Pemanas Listrik (<i>Electric Heater</i>) | 17 |
| Gambar 3.9 Pelurus Aliran Udara (<i>Flow Straightener</i>) | 18 |
| Gambar 3.10 Manometer Tipe U | 19 |
| Gambar 3.11 Termokopel Tipe T | 19 |
| Gambar 3.12 <i>Thermocouple digital</i> | 20 |
| Gambar 3.13 Dimmer | 20 |
| Gambar 3.14 Anemometer | 21 |
| Gambar 3.15 Speed Controler | 21 |
| Gambar 3.16 Voltmeter Digital | 21 |
| Gambar 3.17 Amperemeter | 22 |
| Gambar 3.18 Skema Rusuk Miring | 22 |
| Gambar 3.19 Bagan Alir | 23 |
| Gambar 3.20 Skema Saluran Segiempat | 24 |
| Gambar 3.21 Saluran Segi Empat | 24 |
| Gambar 3.22 Rusuk Miring | 24 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|---------------|---|-------------------------------------|
| Q_x | = Laju perpindahan panas | (Watt) |
| K | = Koefisien perpindahan panas konveksi | (W / m ² .°C) |
| A | = Luas penampang saluran udara | (m ²) |
| 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) |
| Δp | = Perbedaan tekanan | (pa) |
| R | = Tahanan panas | (Ω) |
| 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) |
| μ | = Viskositas dinamik udara | (Kg/m.s) |
| h | = Koefisien perpindahan panas konveksi | (W/M ² .K) |
| ρ | = Masa jenis udara | (Kg/m ³) |
| σ | = Konstanta Stefan – Boltzman $5,67 \times 10^{-8}$ | (W/M ² .K ⁴) |
| ε | = Emisivitas (benda hitam) | |
| F | = Faktor gesekan | |
| Pr | = Bilangan prandalt | |
| Re | = Duct bilangan reynold | |
| Nu | = Duct nusselt number | |

DAFTAR GRAFIK

| | |
|---|----|
| Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt) | 33 |
| Gambar 4.2. Grafik pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi $W / m^2 .k$ | 33 |
| Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt | 34 |
| Gambar 4.4 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Pressure drop (Pa) | 35 |
| Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Friction factor | 35 |
| Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out | 36 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perpindahan panas merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem teknologi pada masyarakat modern ini. Tapi dalam beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan yang sangat signifikan, dikarenakan energi yang dibutuhkan semakin meningkat, sehingga hampir semua proses industri melibatkan perpindahan panas. Perpindahan panas merupakan proses peristiwa mengalirnya energi berupa panas akibat adanya perbedaan suhu diantara benda dan material. Terdapat beberapa jenis dari perpindahan panas yang digunakan pada penerapan industri yaitu konduksi (conduction) atau hantaran, konveksi (convection) atau rambatan, radiasi (raditation) atau pancaran.

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.

Pada saluran berpenampang segiempat permukaan bagian dalam besirip atau berusuk, dimana rusuk berfungsi sebagai penghambat aliran pada saluran segiempat, sehingga terjadi aliran turbulensi pada dinding saluran. Saluran berpenampang ini berfungsi untuk memindahkan panas dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk sebagai penghambat aliran akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran. Telah banyak dilakukan penelitian tentang saluran berpenampang segiempat ini untuk meningkatkan laju konveksinya, diantaranya dengan menguji dinding saluran tanpa halangan 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).

Karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan dalam sistem rusuk telah menjadi bahan penelitian secara luas karena perannya yang penting dalam berbagai aplikasi keteknikan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan dari rusuk yang disusun dalam saluran segiempat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana menganalisa perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk miring?

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat yang terdiri dari :
 - a) Saluran segiempat berdimensi penampang 152 mm x 240 mm, dan panjang 2440 mm.
 - b) Fan hisap.
 - c) Pemanas listrik tipe plat (plate electric heater).
 - d) Pelurus aliran udara (flow straightener).
 - e) Base plate
 - f) Monometer U.
2. Permukaan dalam saluran udara dilapisi dengan bahan melamin yang halus.
3. Parameter yang divariasikan adalah kecepatan aliran udara yang masuk
4. Penelitian dilakukan dalam keadaan diam pada temperature kamar.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisa perpindahan panas pada saluran segiempat dengan rusuk miring yang dialiri fluida udara.

2. Untuk mengetahui penurunan tekanan pada rusuk miring.

1.5 Manfaat

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 ini dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang analisis perpindahan panas dan penurunan tekanan pada pipa segi empat dengan rusuk miring.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

(Cassidy & Houlsby, n.d.2014) 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. perpindahan panas merupakan proses perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah yang lain sebagai akibat dari gradien temperatur.(Suswanto et al., 2015) Pada dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda dimana transfer panas dilakukan secara langsung maupun secara tidak langsung.

(Li et al., 2015) Melakukan penelitian pada Efek rotasi pada perpindahan panas dan penurunan tekanan dalam saluran persegi dua lintasan yang berputar dengan rusuk diselidiki secara eksperimental. Bilangan Reynolds dan bilangan rotasi masing-masing bervariasi dari 10000 hingga 60000, dan 0 hingga 2,0. Turbulator rusuk ditempatkan pada dinding depan dan belakang saluran.

(Hakim, 2019) Peningkatan turbulensi aliran fluida dapat meningkatkan laju perpindahan panas konveksi paksa, seperti pada alat penukar kalor. Turbulensi aliran pada suatu saluran dapat tergantung pada kekasaran dinding saluran. Dengan ditambahkan rusuk-rusuk pada dinding saluran akan meningkatkan turbulensi sehingga akan meningkatkan laju perpindahan panas konveksi.

(Liu et al., 2019) Dalam saluran pendinginan internal ,struktur rusuk diterapkan secara luas untuk meningkatkan perpindahan panas konvektif oleh pendingin yang melewati permukaan bergaris. Studi ini berkonsentrasi pada rusuk yang berlubang dengan lubang miring di saluran pendingin dengan penampang persegi panjang, yang bertujuan untuk meningkatkan lubang berlubang dengan aliran sekunder tambahan yang disebabkan oleh pengaturan lubang miring.

(Pane et al., 2019) Mengatakan penurunan tekanan aliran udara pada sistem pipa bertekanan merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap pengaturan unit operasional kompresor dan air dryer pada area power house dalam mensuplai

aliran udara ke dalam area kerja welding dan dieshop dikarenakan kerugian yang ditimbulkan akibat tidak termanfaatkannya tekanan aliran udara secara maksimal.

(S W Ahn et al., 2007) Menguji karakteristik heat transfer dan friction aliran udara turbulent pada saluran penampang segi empat berusuk (ribbed square channel) dengan sudut rusuk 45o dan variasi angka Reynold 7.600 sampai 24.900 serta variasi dinding saluran tanpa rusuk (smooth wall), satu, dua dan empat dinding berusuk, dan melaporkan hasilnya bahwa angka Nusselt untuk dua dinding berusuk berseberangan mempunyai angka Nusselt 1,49 sampai 1,52 kali lebih besar dari dinding tanpa rusuk untuk angka Reynold yang sama

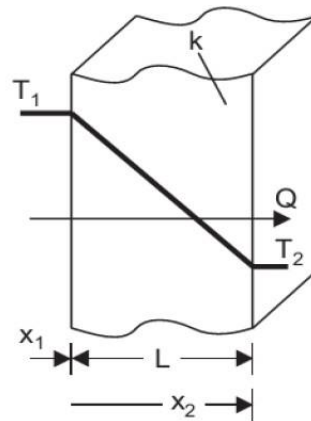
2.2 Dasar Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan ilmu yang mempelajari perpindahan energidalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahanpanas. Ilmu perpindahan panaas juga merupakan ilmu untuk mempelajari lajuperpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) darisuatu tempat ke tempat akibat adanya perbedaan temperatur. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui,yaitu konduksi, konveksi, danradiasi

2.2.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan panas Konduksi adalah adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum (Ratnawati & Salim, 2018). Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi berbanding lurus dengan gradien suhu normal yang dinyatakan dengan persamaan 2.1:

$$q_{cond} = KA \frac{\Delta}{L} \quad (2.1)$$

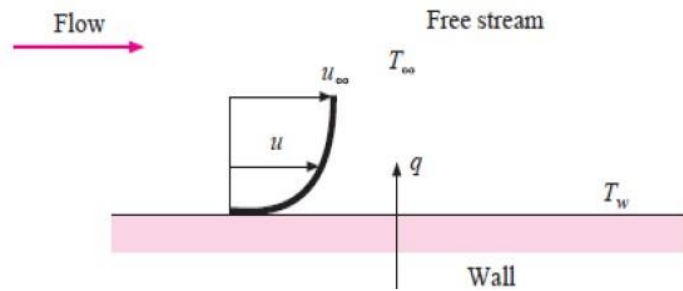


Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi (J.P. Holman, 2010)

2.2.2 Perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas Konveksi adalah perpindahan panas akibat adanya gerakan/perpindahan molekul dari tempat temperatur tinggi ke tempat yang temperaturnya lebih rendah disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat perantaranya. Contoh yang sering kita jumpai yaitu pendinginan dari secangkir kopi panas, makanan panas, kehilangan panas dari radiator mobil, dll. Perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut cara gerakan alirannya, yaitu konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (free/natural convection). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa/eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (forced convection). Laju perpindahan panas pada beda temperatur tertentu dapat dihitung dengan persamaan 2.2 :

$$q_k = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi (J.P Holman,2010)

2.2.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses mengalirnya panas dari benda bertemperatur tinggi ke bertemperatur rendah masing – masing benda berada didalam ruang yang sama, bahkan jika terdapat diruang hampa diantara benda – benda tersebut. Energi panas radiasi mengenai suatu bahan, maka sebagian radiasiakan dipantulkan, sebagian lain diserap oleh bahan dan sebagian lainnya diteruskan kebagian yanglain. Menghitung besarnya energy radiasi dapat digunakan persamaan 2.3

$$q_{rad} = \epsilon \sigma AT \quad (2.3)$$



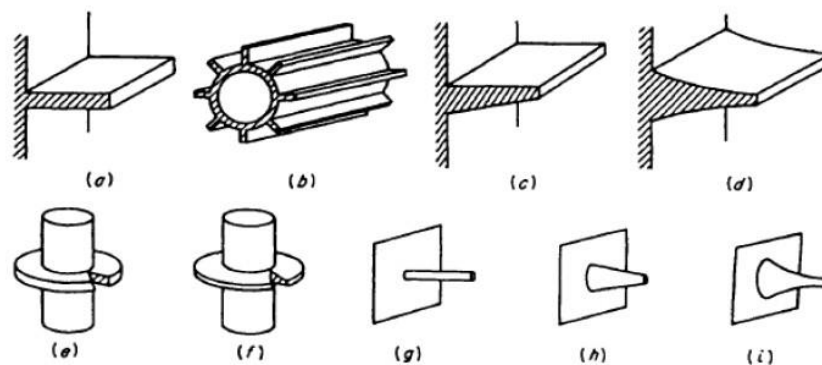
Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi (J.P Holman, 2010)

2.3 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.

(Istanto & Rokhadi, 2011)Mengatakan 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, bentuk penampang siripin terhadap laju perpindahan panas menyajikan berbagai bentuk sirip yang biasanya dipakai pada perpindahan panas Seperti Gambar 2.4



Gambar 2.4 berbagai bentuk sirip (J.P Holman, 2010)

2.4 Aplikasi Rusuk

Perpindahan panas dari susunan sirip pin merupakan subjek yang sangat penting dengan banyak aplikasi keteknikan. Aplikasi tersebut mulai dari alat penukar panas kompak, boiler untuk turbin uap dan pendinginan internal secarakonveksi dari air foils turbin gas (Istanto, Rokhadi.2011). Rusuk atau sirip sering digunakan pada alat penukar kalor untuk meningkatkan luasan perpindahan panasantara permukaan utama dengan fluida di sekitarnya. Penggunaan rusuk banyak ditemui dalam proses pendinginan silinder pada motor pembakaran dalam, pendinginan silinder kompresor dan pendinginan peralatan elektrikal seperti transformator dan aplikasi rusuk juga sering dijumpai pada sistem pendinginan ruangan, peralatan elektronik, motorbakar, sudu turbin gas dan alat penu karkalor.Sirip juga banyak digunakan untuk pendinginan perangkat computer heatshink.

Salah satu tipe sirip pada peralatan penukar kalor yang mempunyai banyak pemakaian dalam berbagai aplikasi industri adalah sirip pin (Istanto, Rokhadi, 2011). 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 elemen tersebut.

2.5 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal (K) adalah sifat suatu zat yang mengalami perpindahan panas tinggi. Konduktivitas termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduksi termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperature menyebabkan transfer energy termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang ditransfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metoda yaitu konduksi, konveksi dan radiasi

Nilai konduktivitas termal suatu material dapat ditentukan melalui pengukuran tak langsung. Dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap beberapa besaran lain, maka nilai konduktivitas termal secara umum dapat ditentukan melalui persamaan 2.4:

$$k = \frac{RoLh}{A\Delta T} \quad (2.4)$$

Pada tabel 2.1 kita melaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan.

Tabel 2.1 Konduktivitas berbagai bahan (J.P. Holman, 1993:6-10)

| bahan | Konduktivitas termal(k) | |
|------------------|-------------------------|---------------|
| | W/m.°c | Btu / h.ft.°F |
| Logam | | |
| Perak(murni) | 410 | 237 |
| Tembaga(murni) | 385 | 223 |
| Aluminium(murni) | 202 | 117 |

| | | |
|---------------------|-----------|---------|
| Nikel(murni) | 93 | 54 |
| Besi(murni) | 93 | 54 |
| Baja Karbon,1% C | 73 | 42 |
| Timbal (murni) | 43 | 25 |
| Bukan Logam | | |
| Magnesit | 4,15 | 24 |
| Marmar | 2,08-2,94 | 1,2-1,7 |
| Batu pasir | 1,83 | 1,06 |
| Kayu | 0,17 | 0,096 |
| Zat Cair | | |
| Raksa | 8,21 | 4.74 |
| Air | 0,556 | 0,327 |
| Amonia | 0,540 | 0,321 |
| Freon 12, CC_2F_2 | 0,073 | 0,042 |
| Gas | | |
| Hidrogen | 0,175 | 0,101 |
| Helium | 0,141 | 0,081 |
| Karbondioksida | 0,0146 | 0,00844 |
| Uap air(jenuh) | 0,0206 | 0,0119 |

2.6 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:

2.6.1 Bilangan Reynolds (Reynolds Number)

Bilangan Reynolds dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya inersia dengan gaya kekentalan, di dalam kecepatan lapis batas. Untuk kontrol volume yang berbeda pada lapis batas ini, gaya inersia diasosiasikan dengan sebuah kenaikan momentum dari fluida yang bergerak melewati kontrol volume. Gaya inersia dalam bentuk Persamaan 2.5:

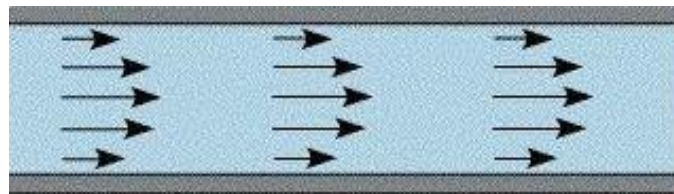
$$Re = \frac{V_m D_h}{\nu} \quad (2.5)$$

2.6.2 Bilangan Nusselt (Nusselt Number)

Bilangan Nusselt adalah bilangan tanpa dimensi yang menyatakan perbandingan antara koefisien perpindahan panas konveksi terhadap konduktivitas termal fluida. Bilangan ini menyediakan sebuah perhitungan tentang perpindahan panas konveksi yang terjadi pada permukaan. Bilangan Nusselt dirumuskan 2.6:

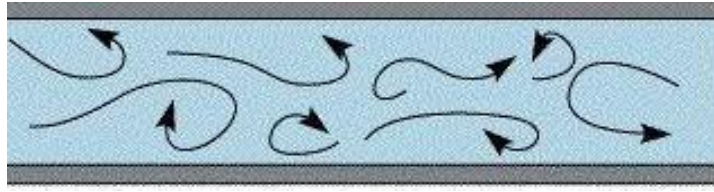
$$Nu = \frac{H D_k}{K} \quad (2.6)$$

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. Seperti yang 14 ditunjukkan pada (gambar 2.6), aliran laminar mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2300 Re ($Re < 2300$) seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5 Aliran laminar (J.P Holman, 2010)

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran 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 dar 4000($Re > 4000$). Seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6 Aliran turbulen (J.P Holman, 2010)

Untuk saluran udara segiempat, diameter saluran udara D_h , dihitung dengan persamaan 2.7:

$$D_h = \frac{4H w_b}{H + w_b} \quad (2.7)$$

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.

Koefisien perpindahan panas konveksi (h) koefisien perpindahan panas konveksi dapat juga dinyatakan dengan.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{D_h} \quad (2.8)$$

Kesetimbangan energi kondisi tunak (steady state) untuk permukaan uji yang dipanaskan secara elektrik adalah sebagai berikut:

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

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 dapat ditulis menjadi :

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

Pada penelitian yang serupa, Naik et al 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.

$$Q_{elect} = Q_{conv} \quad (2.11)$$

Tahanan panas dari permukaan bersirip dengan cara konveksi :

$$R = V \times I \quad (2.12)$$

Daya Panas yang dipindahkan dari permukaan bersirip dengan cara konveksi adalah :

$$Q_{elect} = \frac{V^2 \theta}{R} \quad (2.13)$$

Menghitung laju perpindahan panas dari persamaan , 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 :

$$Q_{conv} = m \cdot C_p \cdot (T_{in} - T_{out}) \quad (2.14)$$

$$Q_{conv} = h \cdot A_s \cdot [T_b - (\frac{T_{in} + T_{out}}{2})] \quad (2.15)$$

Untuk menghitung laju aliran massa udara m , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$m = \rho \cdot A_t \cdot V \quad (2.16)$$

2.7 Penurunan Tekanan dan Faktor Gesekan

Penelitian penurunan tekanan (pressure drop) sepanjang seksi uji dalam saluran bersirip diukur dibawah kondisi aliran panas. Pengukuran ini dikonversi ke faktor gesekan (friction factor) (f).

- Faktor gesekan ditentukan dari nilai pengukuran penurunan tekanan ΔP , sepanjang seksi uji menggunakan persamaan 2.17:

$$f = \frac{\Delta P}{[(\frac{L}{D_h})(\rho \frac{V^2}{2})]} \quad (2.17)$$

- Menghitung penurunan tekanan (Pressure Drop)

Penurunan tekanan (Pressure Drop) dihitung dengan berdasarkan rumus 2.18:

$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad (2.18)$$

- Untuk luas penampang melintang saluran udara maka A_t dihitung dengan rumus 2.19:

$$A_t = H W b \quad (2.19)$$

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya penelitian “Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk Miring” Dilaboratorium Fenomena Dasar 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 kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

| No | Uraian Kegiatan | Waktu | | | | | |
|----|--|-------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Pengajuan Judul | | | | | | |
| 2 | Studi Litelatur | | | | | | |
| 3 | Penyediaan alat dan bahan | | | | | | |
| 4 | Penulisan proposal BAB 1 s/d BAB 3 | | | | | | |
| 5 | Seminar proposal | | | | | | |
| 6 | Perancangan desain saluran segi empat | | | | | | |
| 7 | Menganalisa perpindahan panas saluran udara segi empat dengan rusuk Miring | | | | | | |
| 8 | Penulisan laporanakhir | | | | | | |
| 9 | Seminar Proposal dan Sidang | | | | | | |

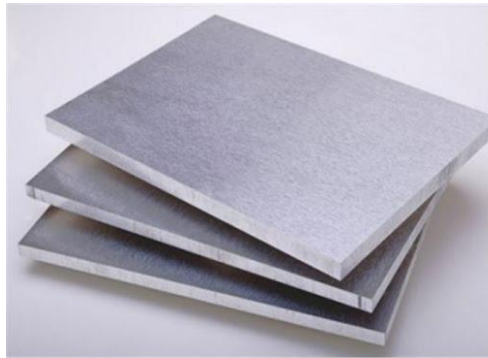
3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Plat Alumunium *Alloy*

Plat Alumunium alloy untuk pembuatan rusuk Miring dan menganalisa kekasaran permukaan dengan ketebalan 10mm. Seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Plat Alumunium alloy

2. Triplek melamin

Triplek melamin digunakan untuk membuat saluran segi empat dengan ukuran 150mm x 75mm dan panjang 2000mm. Seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Triplek melamin

3. Besi siku berlubang

Besi siku berlubang digunakan untuk rangka saluran segi empat dan komponen lainnya. Besi yang digunakan untuk rangka saluran segi empat yaitu besi siku berlubang 30 x 30mm, dan tebal 11,2mm. Seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Besi siku berlubang

4. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk memasang besi-besi rangka panel dan komponen-komponen lainnya. Seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Baut dan Mur

5. Lem kayu

Digunakan untuk merekatkan triplek melamin. Seperti pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Lem kayu

3.2.2. Alat penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Saluran udara segiempat

Saluran udara segi empat dibuat menggunakan triplek berlapiskan melamin dengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampang bagian dalam dari saluran udara segi empat adalah 152 mm x 240 mm dan panjang 2440 mm. Seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Alat penelitian pada saluran segiempat

2. Blower

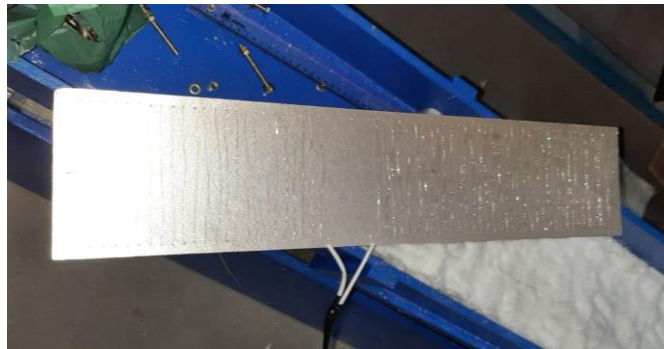
Blower merupakan modifikasi sedemikian rupa dari blower, prinsipnya adalah memanfaatkan sisi *suction* blower sehingga udara yang mengalir dalam saluran segiempat adalah udara yang dihisap oleh blower. Spesifikasi Tipe centrifugal air blower 3 inch, daya 370Watt, Tegangan 380 V, Putaran 800 rpm, berat 10 kg. Seperti pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Blower

3. Pemanas Listrik (*Electric Heater*).

Terbuat dari lilitan kawat nikelin dengan panjang 10m,dan diameter 0,5.jumlah lilitan pada kertas mika 35 lilitan yang dililitkan pada kertas mika tahan panas dengan dimensi panjang 700 mm, lebar 15 0mm, dan tebal 5 mm. Seperti pada gambar3.8



Gambar 3.8 Pemanas Listrik (*electric Heater*)

4. Pelurus Aliran Udara(*Flow Straightener*)

Terbuat dari sedotan plastic berdiameter 5mm, panjang 200mm yang disusun sedemikian sehingga membentuk segiempat dengan dimensi 240 mm x 152 mm, dipasang pada bagian udara masuk kesaluran udara segiempat. Seperti pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

5. Manometer Tipe U

Manometer digunakan untuk mengukur penurunan tekanan udara yang terjadi antara sisi masuk dan sisi keluar seksi uji. Manometer pipaU terbuat dari selang plastic berdiameter 5mm 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 3.10.



Gambar 3.10 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 temperature udara keluar seksi uji, dan untuk mengukur temperatur permukaan base plate. Seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.11Termokopel Tipe T

7. *Thermocouple Digital*

Alat ini digunakan untuk menunjukkan nilai temperature masuk dan keluar yang diukur oleh sensor termokopel 16 chanell. Seperti pada gambar 3.12



Gambar 3.12 *Thermocouple Digital*

8. Dimmer

Dimmer adalah sebuah rangkaian komponen elektronika dari input sinyal AC kemudian sinyal tersebut diproses Menjadisinyal AC Phase maju dari pada sinyal AC inputan, yang menyebabkan Penurunan Daya (Watt). Seperti pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Dimmer

9. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang masuk kedalam saluran udara segiempat (seksiuji). Seperti pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Anemometer

10. Speed controller

Speed controller digunakan untuk mengatur putaran fan hisap agar didapatkan kecepatan aliran udara yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.15



Gambar 3.15 Speed Controller

11. Voltmeter digital

Voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik yang dibutuhkan heater untuk mencapai temperatur permukaan base plate yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Voltmeter Digital

12. Amperemeter

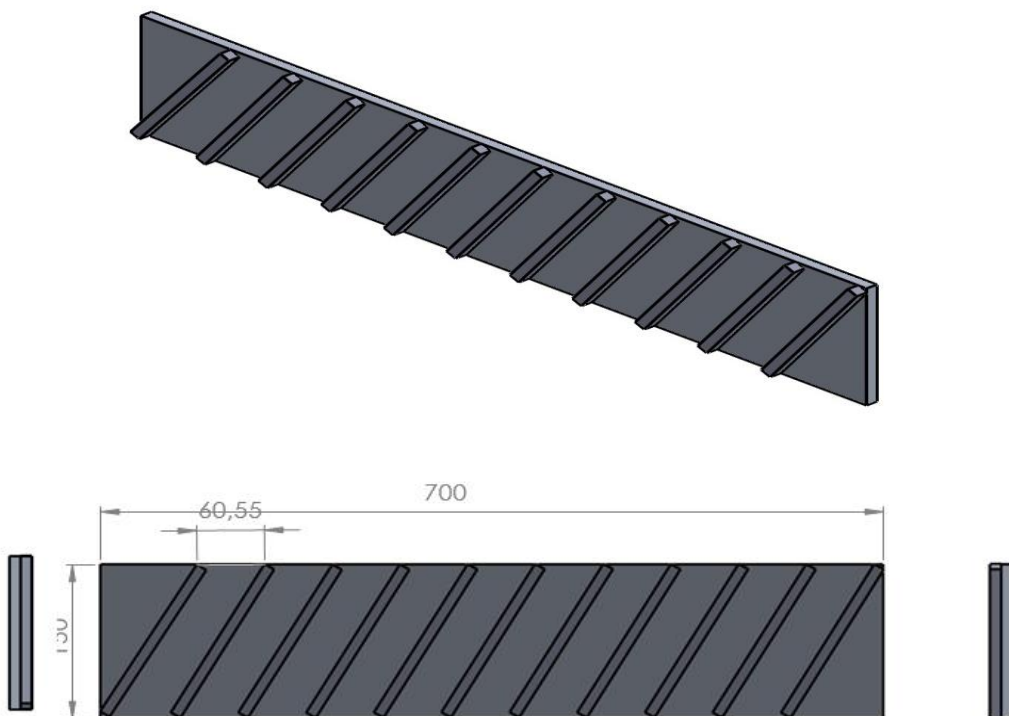
Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang dibutuhkan heater untuk mencapai temperature base plate yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Amperemeter

3.2.3. Alat yang akan diuji

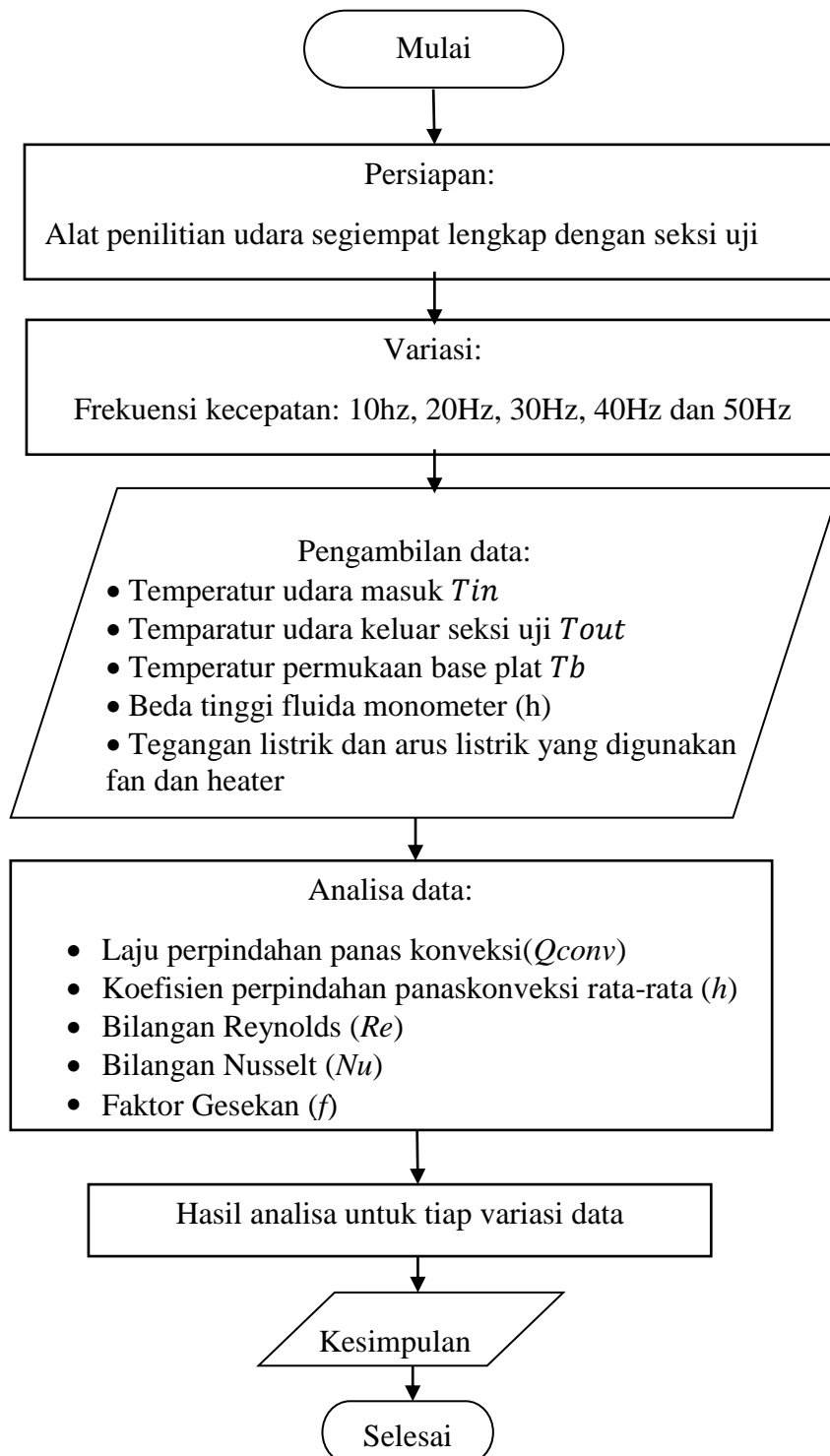
Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segi empat dengan penambahan rusuk Miring. Dimana penelitian ini menggunakan penambahan rusuk Miring. Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 700 mm, lebar 152 mm, dan tebal rusuk Miring 10 mm dengan kemiringan 60° . Seperti pada gambar 3.18



Gambar 3.18 Skema Rusuk Miring

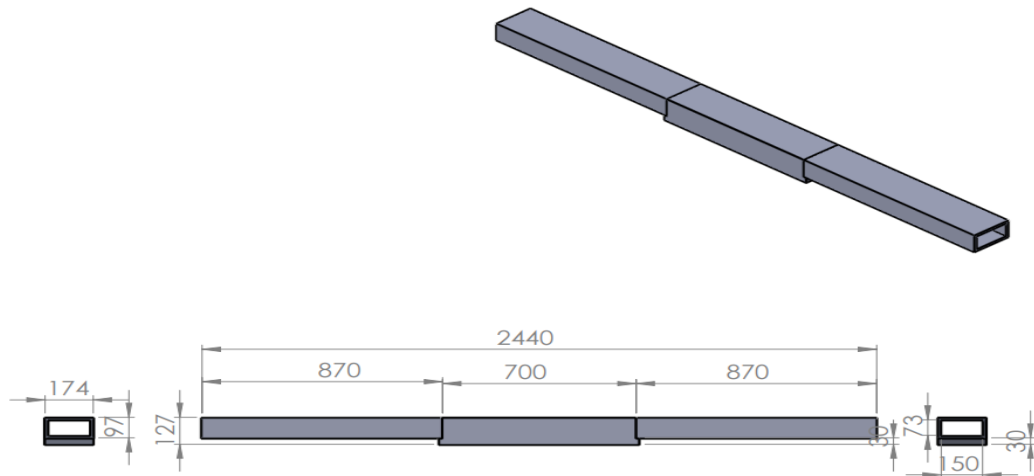
3.3 Bagan Alir penelitian

Bagan Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.19 Bagan Alir penelitian

3.4 Rancangan alat penelitian



Gambar 3.20 Skema Saluran Udara Segiempat



Gambar 3.21 Saluran Udara Segiempat



Gambar 3.22 Rusuk Miring

3.5 Bagian-bagian alat penelitian:

1. Blower
2. Saluran Udara Segiempat
3. *Thermocouple* Digital
4. *Anemometer*
5. Rumah Heater
6. MonometerU
7. Dimmer
8. Voltmeter
9. Ampermeter Digital
10. Speed Controller
11. Rusuk Miring

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
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 voltmetter
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 1-1 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=1.262 m/s, 20hz=2.276m/s, 30hz=3.690m/s, 40hz=4.856m/s dan 50hz=6.009m/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 akanditampilkan perhitungan untuk variasi kecepatan udara Data spesimen dan seksi uji:

| | |
|----------------------|------------------|
| Panjang saluran (L) | :2440 mm =2,44 m |
| Lebar saluran (Wb) | :240mm = 0,24m |
| Tinggi saluran (H) | :152mm = 0,152m |
| Tegangan heater (Vh) | :220 V |
| Tahanan (R) | :140 |
| Arus Heater (Ih) | : 1,8 A |
| Tegangan fan (Vf) | : 380 V |

Arus fan (If) : 1,25 A

1. Perhitungan Data dengan Rusuk Miring.

Berikut akan dibahas cara menghitung data untuk variasi kecepatan aliran udara. Contoh perhitungan pada kecepatan aliran udara 4,856 m/s

Tabel 4.1. Data Hasil pengujian dengan rusuk Miring

| Velocity m/s | T in °C | T out °C | Delta T °C | Tf °C | Preasure Drop |
|--------------|---------|----------|------------|-------|---------------|
| 1,262 | 30,0 | 32,7 | 2,7 | 31,35 | 0 |
| 2,276 | 30,4 | 32,8 | 2,4 | 31,6 | 0 |
| 3,690 | 31 | 33,2 | 2,2 | 32,1 | 0,5 |
| 4,856 | 31,6 | 33,5 | 1,9 | 32,55 | 1 |
| 6,009 | 32,4 | 33,9 | 1,5 | 33,15 | 2 |

Ketinggian fluida Monometer (h) = 1mm = 0,001

$T_{in\ Rata-rata}$ = 31,6°C = 304,75°K

$T_{Out\ Rata-rata}$ = 33,5°C = 306,65°K

- Temperature *flim*

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

$$= \frac{(304,75 + 306,65)^\circ K}{2}$$

$$= 305,7^\circ K$$

Tabel4.2. Appendix A-5 Properties of air at atmospheric pressure

| Fluida property | Temperatur udara (305,7°K) |
|-----------------|----------------------------|
| $P(Kg / m^3)$ | 1.1569484 |
| $Cp(J/Kg.K)$ | 1.006076 |
| $\mu(Kg / m.s)$ | 1.993488 |
| $k(W/m.K)$ | 0.026672 |
| Pr | 0.706746 |

- Luas penampang saluran udara

$$A_t = H W_b$$

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

$$= 0,036m^2$$

- Diameter saluran udara

$$D_h = \frac{4H w_b}{2(H + w_b)}$$

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

$$= 0,186m$$

- Laju aliran masa udara

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

$$= 1,1569484Kg / m^3 \times 0,036m \times 4,856m / s$$

$$= 0,202253Kg / .s$$

- Perpindahan panas konveksi

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

$$= 0,202253Kg / s \times 1,006076J / Kg.K \times (306,65^\circ K - 304,75^\circ K)$$

$$= 0,38661558KW = 386,61558W$$

➤ *Duct Reynolds number*

- Bilangan Reynold

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

$$= \frac{1,1569484Kg / m^3 \times 4,856m / s \times 0,186m}{1,87647 \times 10^{-5} Kg / m.s}$$

$$= 52419,39285$$

➤ *Duct Nusselt number*

- Bilangan Nusselt O

Untuk aliran turbulents, perhitungan Nu menggunakan korelasi Dittus-Boelter

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

$$= 0,023(52419,39285)^{0,8} \times (0,706746)^{0,4}$$

$$= 119,40617$$

- Koefisien O perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran udara segiempat dengan rusuk miring

$$\begin{aligned}
 hO &= \frac{Nu \times k}{Dh} \\
 &= \frac{119,40617 \times 0,026672}{0,186m} \\
 &= 17,12258W / m^2 .K
 \end{aligned}$$

- Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran udara segiempat dengan rusuk miring

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{Q_{conv}}{A(\Delta T)} \\
 &= \frac{386,61558Watt}{0,036m^2 (275,05)} \\
 &= 39,0449797W / m^2 .K
 \end{aligned}$$

- Bilangan Nusselt

$$\begin{aligned}
 Nu &= \frac{h.D_h}{K} \\
 &= \frac{39,0449797W / m^2 .K \times 0.186m}{0.026672} \\
 &= 272.284276
 \end{aligned}$$

- Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho .g.h \\
 &= Kg / m^3 \times 9,81m / s \times 0,001m \\
 &= 8,58375Pa
 \end{aligned}$$

- Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{Dh} \right) \left(\rho \frac{V^2}{2} \right) \right]} \\
 &= \frac{8,58375Pa}{\left[\left(\frac{24,4m}{0,186m} \right) \left(1.1569484Kg / m^3 \frac{4,856^2 m / s}{2} \right) \right]} \\
 &= 0.04797
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan data tanpa rusuk

Berikut akan dibahas cara menghitung data untuk variasi kecepatan aliran udara. Contoh perhitungan pada kecepatan aliran udara 2,824 m/s

Tabel 4.3. Data hasil pengujian tanpa rusuk

| Velocity m/s | T in °C | T out °C | Delta T °C | Tf °C | Preasure Drop |
|--------------|---------|----------|------------|-------|---------------|
| 1.037 | 29.3 | 30.9 | 1.6 | 30.1 | 0 |
| 2.092 | 30.4 | 31.7 | 1.3 | 31.05 | 1 |
| 2.824 | 31.0 | 32.3 | 1.3 | 31.65 | 2 |
| 4.439 | 31.7 | 33.6 | 1.9 | 32.65 | 3 |
| 4.952 | 32.5 | 34.3 | 1.8 | 33.4 | 4 |

Ketinggian fluida manometer (h) : 2 mm

T_{in} rata rata = 31,0°C= 304,15°K

T_{out} rata rata = 32,3°C= 305,45°K

- Temperatur film

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

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

$$T_f = 304,8K$$

Tabel 4.4. Appendix A-5 Properties of air at atmospheric pressure

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

- Laju aliran masa udara

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot A \cdot V \\
 &= 1,1601776 \text{Kg} / \text{m}^3 \times 0,036 \times 2,824 \text{m} / \text{s} \\
 &= 0,11794 \text{Kg} / \text{s}
 \end{aligned}$$

- Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat tanpa rusuk

$$\begin{aligned}
 Q_{conv} &= m \cdot C_p \cdot (T_{out} - T_{in}) \\
 &= 0,11794 \text{Kg} / \text{s} \times 1,006017 \text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K} \times (305,45^\circ \text{K} - 304,15^\circ \text{K}) \\
 &= 0,1542 \text{KW} = 154,24 \text{W}
 \end{aligned}$$

➤ *Duct Reynolds number*

- Bilangan Reynold

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \frac{\rho \cdot V \cdot Dh}{\mu} \\
 &= \frac{1,1601776 \text{Kg} / \text{m}^3 \times 2,824 \text{m} / \text{s} \times 0,186 \text{m}}{1,991832 \times 10^{-5} \text{Kg} / \text{m} \cdot \text{s}} \\
 &= 30594,92602
 \end{aligned}$$

➤ *Duct Nusselt number*

- Bilangan Nusselt O

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

$$\begin{aligned}
 \text{NuO} &= 0,023 \text{Re}^{0,8} \times \text{Pr}^{0,4} \\
 &= 0,023 (30594,92602)^{0,8} \times (0,706944)^{0,4} \\
 &= 80,30032
 \end{aligned}$$

- Koefisien O perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran udara segiempat tanpa rusuk

$$\begin{aligned}
 hO &= \frac{\text{Nu} \times k}{Dh} \\
 &= \frac{80,30032 \times 0,026604}{0,186} \\
 &= 11,48554 \text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}
 \end{aligned}$$

- Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran udara segiempat tanpa rusuk

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{Q_{conv}}{A(\Delta T)} \\
 &= \frac{154,24 \text{ Watt}}{0,036 \text{ m}^2 (274,45)} \\
 &= 15,61147937 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}
 \end{aligned}$$

- Bilangan Nusselt

$$\begin{aligned}
 Nu &= \frac{h \cdot D_h}{K} \\
 &= \frac{15,61147937 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \times 0,186 \text{ m}}{0,026604 \text{ W/m.K}} \\
 &= 109,146563
 \end{aligned}$$

- Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

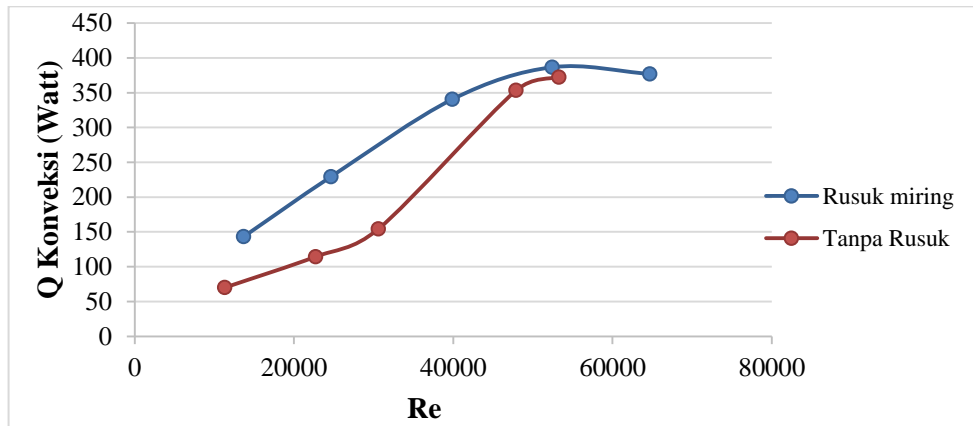
$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho \cdot g \cdot h \\
 \Delta P &= 875 \text{ Kg / m}^3 \times 9,81 \text{ m / s} \times 0,002 \text{ m} \\
 \Delta P &= 17,1675 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

- Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{D_h} \right) \cdot \left(\rho \frac{V^2}{2} \right) \right]} \\
 f &= \frac{17,1675 \text{ Pa}}{\left[\left(\frac{24,4 \text{ m}}{0,186 \text{ m}} \right) \cdot \left(1,1601776 \text{ Kg / m}^3 \cdot \frac{2,824^2 \text{ m / s}}{2} \right) \right]} \\
 f &= 0,282883
 \end{aligned}$$

4.3. Pembahasan

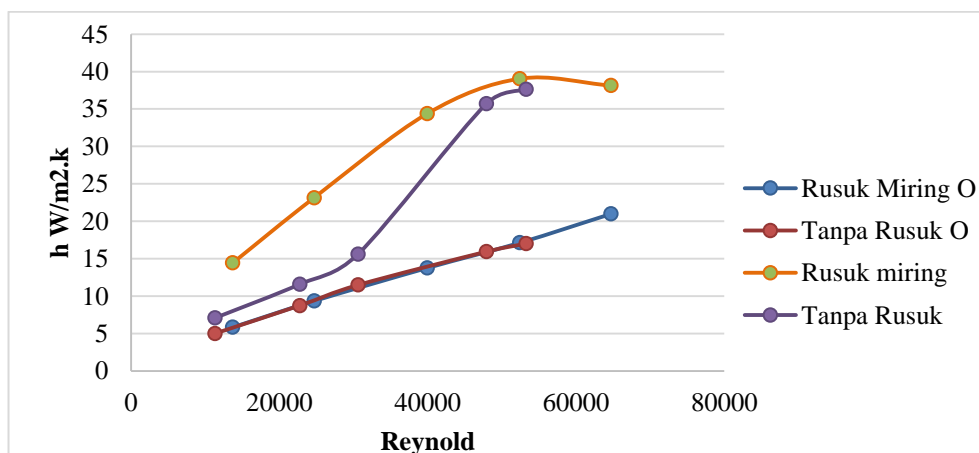
1. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)

Dari gambar grafik 4.1 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt). Nilai konveksi perpindahan panas menggunakan Rusuk miring lebih tinggi dibandingkan tanpa rusuk. Nilai tertinggi yang terjadi pada rusuk miring sebesar 386.61558 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.

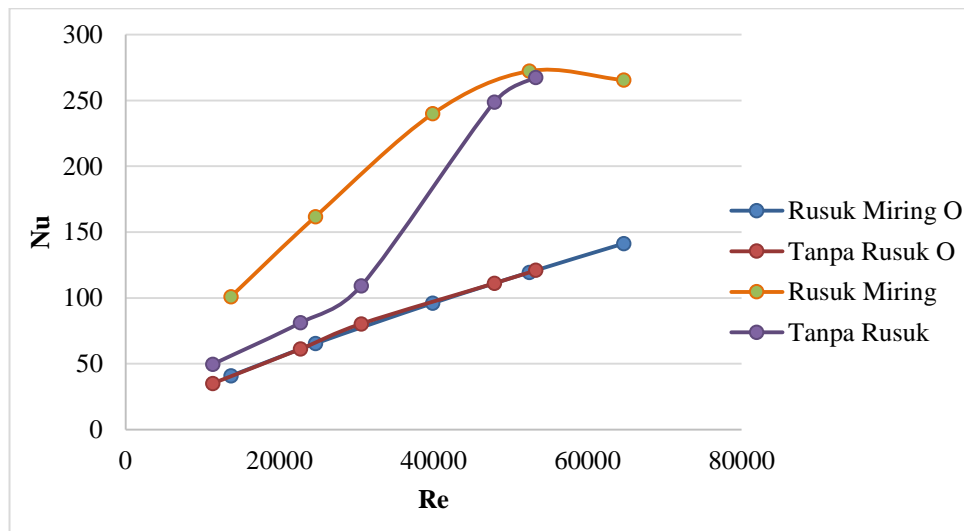
2. Pengaruh bilangan Reynold terhadap koefisien Perpindahan panas konveksi



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 terjadi pada Rusuk miring sebesar $20.97515 W / m^2 .k$. Semakin besar nilai koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata, maka semakin besar laju perpindahan panas konveksi yang terjadi.

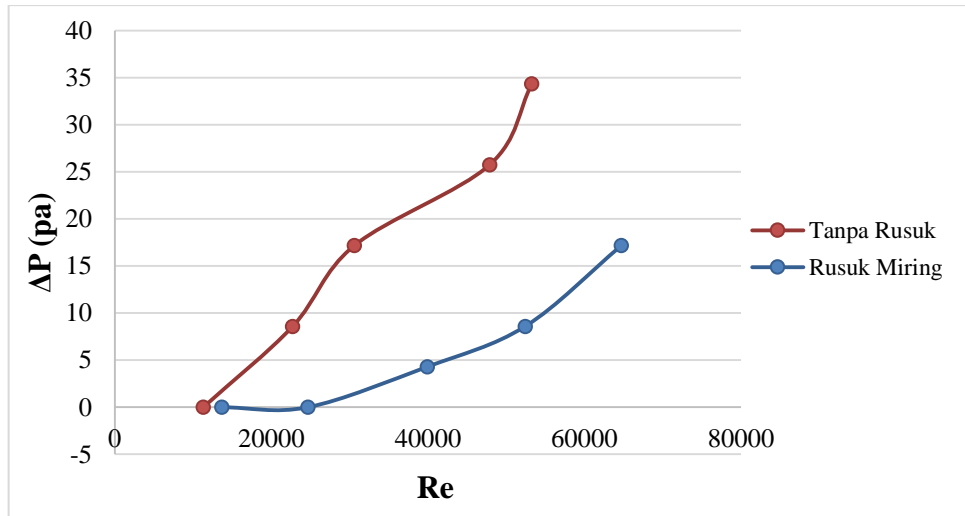
3. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Nusselt



Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt

Dari gambar grafik 4.3 pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt dapat dilihat bahwa bilangan Nusselt rata-rata meningkat dengan kenaikan bilangan Reynolds. 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 miring sebesar 141.31026. Dari Gambar 4.3 ini terlihat bahwa bilangan Reynolds berpengaruh kuat pada laju perpindahan panas.

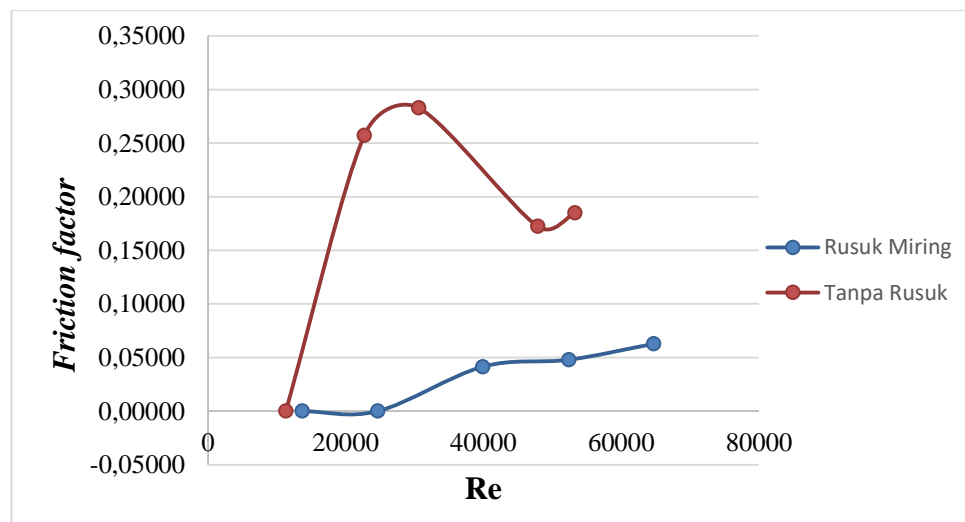
4. Pengaruh bilangan Reynold Terhadap *Pressure Drop*



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 tanpa rusuk lebih besar dibandingkan dengan rusuk miring. Dapat dijelaskan bahwa penambahan jumlah rusuk miring mengurnagi pressure dropnya yang terjadi pada saat tanpa rusuk. Nilai pressure drop maksimum terjadi pada rusuk miring 17,1675Pa

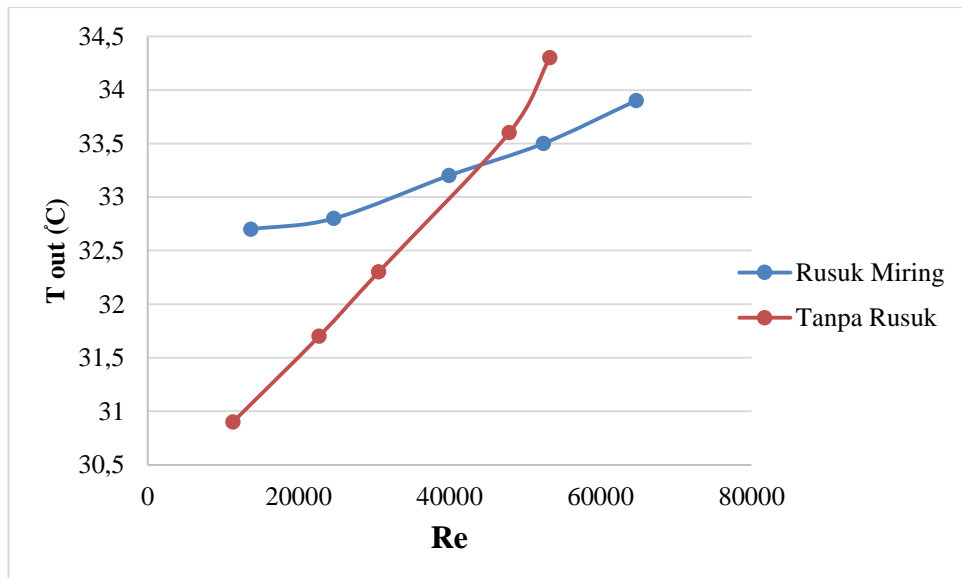
5. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Friction factor



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.pada saat ditambah rusuk nilai frintion faktor tidak terlalu tinggi dibandingkan tanpa rusuk.

6. Pengaruh bilangan Reynold terhadap T out



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out

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, semankin laju kecepatan aliran udaranya maka semankin naik T out yang di hasilkan,karena panas didalam saluran dihembuskan udara dengan cepat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Hasil dari analisa perpindahan panas pada saluran segiempat dengan rusuk miring disimpulkan bahwa aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang cukup baik menambahkan rusuk. Yang di perolehnya dari hasil kecepatan dengan kecepatan aliran udara masuk di peroleh perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 386,61558 W, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar $20,97515 \text{ W} / \text{m}^2 .\text{K}$,
2. Dengan penambahan rusuk miring pressure drop yang terjadi sangat rendah dibandingkan tanpa rusuk. Nilai pressure drop maksimum yang terjadi pada rusuk miring 17.1675 Pa, sedangkan tanpa rusuk nilai maksimum preassure drop adalah 34.335 Pa

5.2. Saran

1. 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.
2. 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>
- Cassidy, M. J., & Houlsby, G. T. (N.D.). $Q^* (W) Le T Ro = 80 O C ; T O O = 28 O C$ Checkpoint Temperatur $Tp1 Tp2 Tp3 Tp4 Tp5$. 1–13.
- Donald R. Pitts, Ph.D., Leighton E. Sissom, Ph.D., P.E. (1998). *Theory And Problem Of Heat Transfer, Second Edition. The University of Tennessee*. New York
- Hakim, L. (2019). Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di Tinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh. *Jurnal SuryaTeknika*, 1(04), 50–55. <https://doi.org/10.37859/Jst.V1i04.1188>
- Haryanto, A. (2015). *Perpindahan Panas*. Yogyakarta:Innosain
- 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>
- Istanto, T., & Juwana, W. E. (2010). Karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan sirip-sirip pin silinder tirus susunan segaris dan selang-seling dalam saluran segi empat. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 58-64.
- Istanto, T., Juwana, W. E., & Deworo, Y. (2010). Pengujian Karakteristik Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Dari Sirip-Sirip Pin Ellips Susunan Segaris Dalam Saluran Segiempat. *Mekanika*, 8(2).
- 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.
- J.P. Holman. (2010). *Perpindahan Kalor*, Edisi ke-10. Jakarta: Erlangga
- K. Umurani; Arya Rudi Nasution; Material, J. R., Energi, M., Dengan, S., & Derajat, R. V. (2021). *Ft-Umsu Ft-Umsu*. 4(1), 37–46
- Li, Y., Deng, H., Xu, G., & Tian, S. (2015). Heat Transfer And Pressure Drop In A Rotating Two-Pass Square Channel With Different Ribs At High Rotation Numbers. In *Asme Turbo Expo 2015: Turbine Technical Conference And Exposition*. <https://doi.org/10.1115/Gt2015-44019>

- Liu, J., Hussain, S., Wang, W., Wang, L., Xie, G., & Sundén, B. (2019). Heat Transfer Enhancement And Turbulent Flow In A Rectangular Channel Using Perforated Ribs With Inclined Holes. *Journal Of Heat Transfer*, 141(4). <https://doi.org/10.1115/1.4042841>
- Pandoyo, W. (2011). Pengujian karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan dari sirip-sirip pin segiempat susunan selang-seling dalam saluran segiempat.
- Pane, E. A., Ismail, I., Yudhanto, F. D., & Suyitno, B. (2019). Analisis Penurunan Tekanan Aliran Udara Pada Pipa Bertekanan. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 13. <https://doi.org/10.36055/Fwl.V1i1.3111>
- Pratama, R. F. (2021). *Analisis Perpindahan Panas pada Plat Rata dengan Media Berpori (POROUS)* (Doctoral dissertation).
- Suswanto, Mustaqim, & Wibowo, A. (2015). Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan Sirip Berbentuk Siku Empat. *Jurnal Bidang Teknik*, 10 (1), 47–53.
- Theodore Louis, Jhon Wiley & Sons (2011). *Heat Transfer Applications For The Practicing Engineer*. Isbn 978-0-470-64372-3. United States Of America
- 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*,
- Yunus, A, Chengel. (1995) Heat Transfer, second edition

LAMPIRAN

Table A-5 | Properties of air at atmospheric pressure.[†]

| The values of μ , k , c_p , and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures | | | | | | | |
|--|---------------------------|--|---|--|--|---|-------|
| T, K | ρ kg/m^3 | c_p $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ | $\mu \times 10^5$ $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ | $\nu \times 10^6$ m^2/s | k $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ | $\alpha \times 10^4$ m^2/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 |

[†]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 ₂ F ₂ | 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

| Frekuensi (Hz) | Velocity(m/s) | T in(°C) | T out(°C) | Delta T(°C) | Tf(°C) | Manometer(mm) | L(m) | Wb(m) | Vf(V) |
|----------------|---------------|----------|-----------|-------------|--------|---------------|------|-------|-------|
| 10Hz | 1.262 | 30 | 32.7 | 2.7 | 31.35 | 0 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 20Hz | 2.276 | 30.4 | 32.8 | 2.4 | 31.6 | 0 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 30Hz | 3.69 | 31 | 33.2 | 2.2 | 32.1 | 0.5 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 40Hz | 4.856 | 31.6 | 33.5 | 1.9 | 32.55 | 1 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 50Hz | 6.009 | 32.4 | 33.9 | 1.5 | 33.15 | 2 | 2.44 | 0.24 | 380 |

| Tf ^o (K) | p(kg/m ³) | Cp(kj/kg) | μ x10 ⁻⁵ | k(W/m-C) | Pr | Delta T (K) | H(m) | R(ohm) | Ih(A) |
|---------------------|-----------------------|-----------|---------------------|----------|----------|-------------|-------|--------|-------|
| 304.5 | 1.161254 | 1.005997 | 1.99128 | 0.026581 | 0.70701 | 275.85 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 304.75 | 1.160357 | 1.006014 | 1.99174 | 0.0266 | 0.706955 | 275.55 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 305.25 | 1.158563 | 1.006047 | 1.99266 | 0.026638 | 0.706845 | 275.35 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 305.7 | 1.1569484 | 1.006076 | 1.993488 | 0.026672 | 0.706746 | 275.05 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 306.3 | 1.1547956 | 1.006116 | 1.994592 | 0.026718 | 0.706614 | 274.65 | 0.152 | 140 | 1.8 |

| m(Kg/s) | Q konveksi (Watt) | Reynold | Nusselt O | Koefisien O W/m ² K | Penurunan Tekanan(Pa) | Faktor Gesekan | Koefisien W/m ² K | Nusselt | If(A) |
|----------|-------------------|-------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------|-------------|-------|
| 0.052758 | 143.30085 | 13688.85711 | 40.79338 | 5.82972 | 0 | 0.00000 | 14.4302308 | 100.9752428 | 1.25 |
| 0.095048 | 229.48708 | 24662.90233 | 65.33109 | 9.34305 | 0 | 0.00000 | 23.13424464 | 161.7657708 | 1.25 |
| 0.153903 | 340.63403 | 39904.8573 | 96.00152 | 13.74886 | 4.291875 | 0.04148 | 34.36374211 | 239.9450421 | 1.25 |
| 0.202253 | 386.61558 | 52419.39285 | 119.40617 | 17.12258 | 8.58375 | 0.04797 | 39.0449797 | 272.2842766 | 1.25 |
| 0.24981 | 377.00675 | 64709.22462 | 141.31026 | 20.97515 | 17.1675 | 0.06277 | 38.13001901 | 265.4458993 | 1.25 |

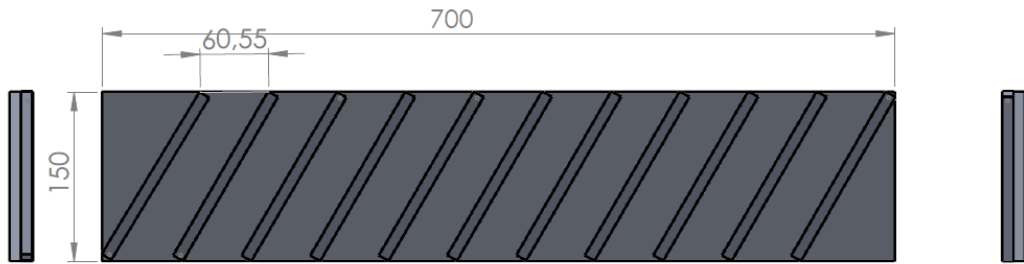
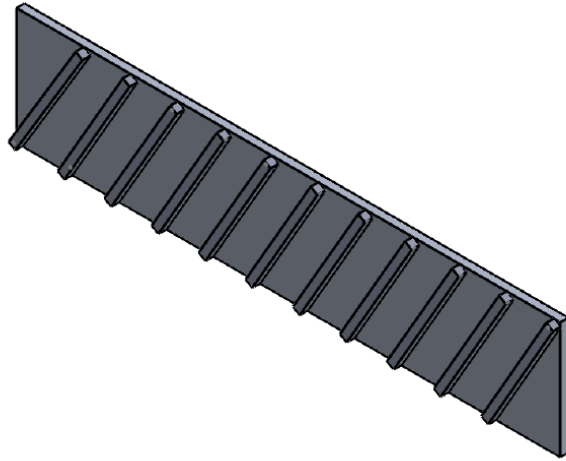
Data rata- rata pengujian 15 menit tanpa menggunakan media Rusuk

| Frekuensi (Hz) | Velocity (m/s) | T in (°C) | T out (°C) | Delta T (°C) | Tf (°C) | Manometer (mm) | L(m) | Wb(m) | Vf(V) |
|----------------|----------------|-----------|------------|--------------|---------|----------------|------|-------|-------|
| 10 | 1.037 | 29.3 | 30.9 | 1.6 | 30.1 | 0 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 20 | 2.092 | 30.4 | 31.7 | 1.3 | 31.05 | 1 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 30 | 2.824 | 31 | 32.3 | 1.3 | 31.65 | 2 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 40 | 4.439 | 31.7 | 33.6 | 1.9 | 32.65 | 3 | 2.44 | 0.24 | 380 |
| 50 | 4.952 | 32.5 | 34.3 | 1.8 | 33.4 | 4 | 2.44 | 0.24 | 380 |

| Tf(°K) | p(kg/m ³) | Cp(kj/kg) | μ x10 ⁻⁵ | k(W/m-C) | Pr | Delta T (°K) | H(m) | R(ohm) | Ih(A) |
|--------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|----------|--------------|-------|--------|-------|
| 303.25 | 1.165739 | 1.005915 | 1.98898 | 0.026586 | 0.707285 | 274.75 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 304.2 | 1.1623304 | 1.005977 | 1.990728 | 0.026558 | 0.707076 | 274.45 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 304.8 | 1.1601776 | 1.006017 | 1.991832 | 0.026604 | 0.706944 | 274.45 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 305.8 | 1.1565896 | 1.006083 | 1.993672 | 0.02668 | 0.706724 | 275.05 | 0.152 | 140 | 1.8 |
| 306.55 | 1.1538986 | 1.006132 | 1.995052 | 0.0261648 | 0.706559 | 274.95 | 0.152 | 140 | 1.8 |

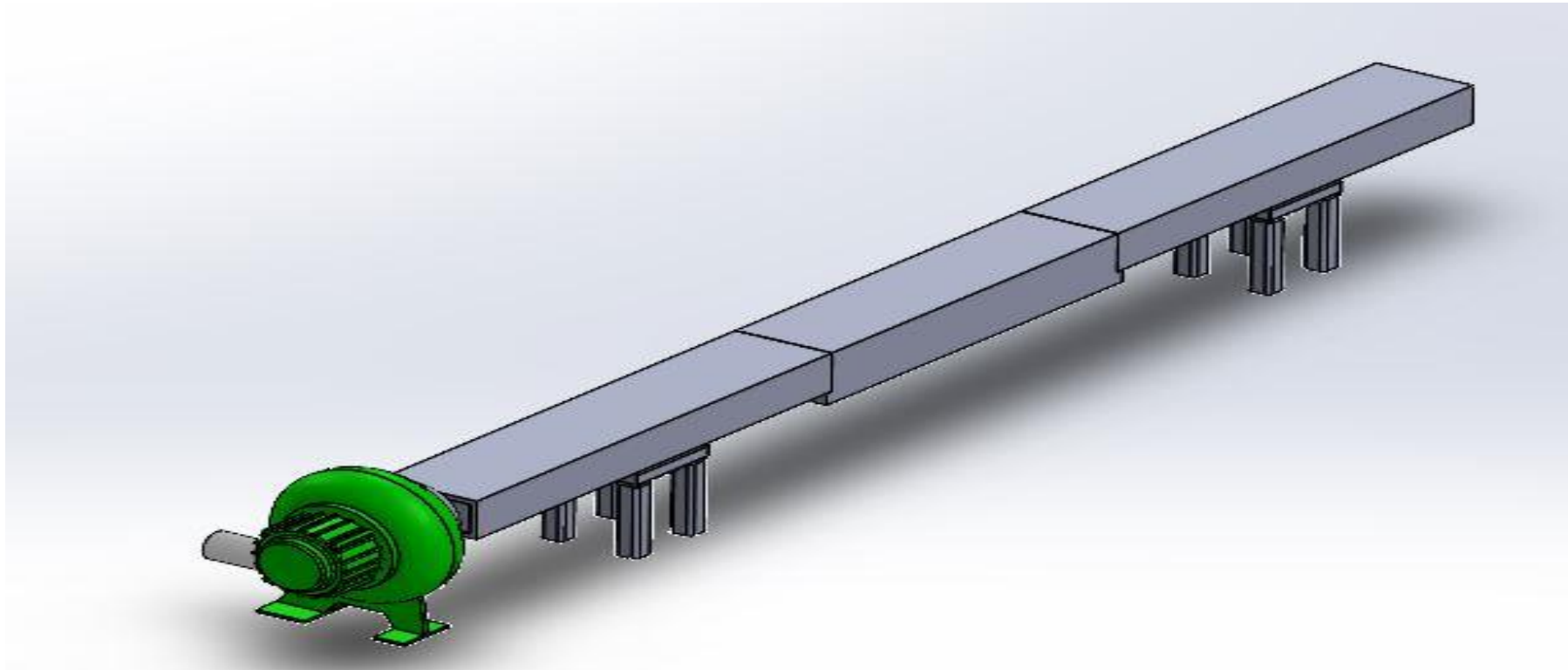
| m(Kg/s) | Q konveksi (Watt) | Reynold | Nusselt O | Koefisien O W/ m ² K | Penurunan Tekanan(Pa) | Faktor Gesekan | Koefisien W/ m ² K | Nusselt | If(A) |
|----------|-------------------|-------------|-----------|---------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-------------|-------|
| 0.043519 | 70.04387328 | 11304.7929 | 35.00868 | 5.00398 | 0 | 0 | 7.081576512 | 49.54386637 | 1.25 |
| 0.087537 | 114.4821946 | 22719.16136 | 61.18263 | 8.73596 | 8.58375 | 0.257263 | 11.5870321 | 81.15023611 | 1.25 |
| 0.11794 | 154.2445385 | 30594.92602 | 80.30032 | 11.48554 | 17.1675 | 0.282883 | 15.61147937 | 109.146563 | 1.25 |
| 0.184827 | 353.3074751 | 47898.69294 | 111.093 | 15.93528 | 25.75125 | 0.172267 | 35.68113627 | 248.7515497 | 1.25 |
| 0.205707 | 372.5431116 | 53272.98192 | 120.94636 | 17.01364 | 34.335 | 0.184996 | 37.63746051 | 267.5567042 | 1.25 |

Rusuk miring



| | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|-----------|-----------------------------------|--|----------------------------------|--|--------------|--|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS | | FINISH: | | DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | | DO NOT SCALE DRAWING | | REVISION | |
| SURFACE FINISH: | | | | | | | | | |
| TOLERANCES: | | | | | | | | | |
| LINEAR: | | | | | | | | | |
| ANGULAR: | | | | | | | | | |
| DRAWN | | NAME | SIGNATURE | DATE | | TITLE: | | | |
| CHK'D | | | | | | rusuk gk berlubang ^{A4} | | | |
| APP'VD | | | | | | | | | |
| MFG | | | | | | | | | |
| Q.A | | | | | | | | | |
| | | MATERIAL: | | | | DWG NO. | | | |
| | | | | | | SCALE:1:10 | | SHEET 1 OF 1 | |
| | | WEIGHT: | | | | | | | |

Saluran udara segiempat



Proses Pengambilan data menggunakan termokopel



LEMBAR ASISTENSI

Nama: Ikhsan Abdillah

NPM :1707230042

Dosen Pembimbing:

Khairul Umurani,ST.MT

| No | Hari/Tanggal | Kegiatan | Paraf |
|----|--------------|-------------------------|-------|
| | | Perbaiki Pindasan Rumus | ke |
| | | Perbaiki interpolasi | ke |
| | | Perbaiki Tabel | ke |
| | | Perbaiki Analisa Data | ke |
| | | Tambah Lan Rumus | ke |
| | | Cekat buku SKripsi | ke |
| | | Tambahkan Grafik | ke |
| | | Atakan Aka. | ke |
| | | Perbaiki keampukan | ke |
| | | Ke, animasi here | ke |



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/II
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 66310
<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan) [umsu](https://www.tiktok.com/umsu)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1781/IL3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Ata Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 29 November 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : IKHSAN ABDILLAH
Npm : 1707230042
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGI EMPAT DENGAN PENAMBAHAN RUSUK MIRING
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, 24 Rabi'ul Akhir 1443 H
29 November 2021 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202

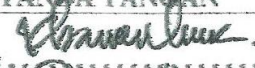









**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar

Nama : Ikhsan Abdillah

NPM : 1707230042

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

| DAFTAR HADIR | | | TANDA TANGAN |
|--|------------|------------------------|---|
| Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT | | |  |
| Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT | | |  |
| Pembimbing – II : Arya Rudi Nst, ST, MT | | |  |
| No | NPM | Nama Mahasiswa | Tanda Tangan |
| 1 | 1707230001 | Andri Priciliano |  |
| 2 | 1707230003 | Mohammad. far. Saqibul |  |
| 3 | 1707230052 | DEDE PRAYOGA S. |  |
| 4 | 1807230046 | E TEA AKBAR |  |
| 5 | 1807230051 | Muhammad Fauzan |  |
| 6 | 1807230017 | PARIS SYAHPUTRA |  |
| 7 | 1807230053 | ARI PRAJOE NASITION |  |
| 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 : Ikhsan Abdillah
NPM : 1707230042
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring

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 :

.....
lihat buku tugas akhir
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan, 25 Shafar 1444 H
22 September 2022 M



Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I

Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Ikhsan Abdillah
NPM : 1707230042
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Seg Empat Dengan Penambahan Rusuk Miring
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 :
 - Penulisan kesmukaan template
 - Untuk latar belakang di tambah.
 - Menakuti Referensi 20 jurnal. 10 Nasional 10 litor
 - Kuasai Materi
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 25 Shafar 1444 H
22 September 2022 M



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II

Arya Rudi Nst, ST, MT

Daftar RiwayatHidup



A. DATA PRIBADI

Nama : Ikhsan Abdillah
Jenis Kelamin : Laki Laki
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 07 Juli 1998
Alamat : Jln Young Panah Hijau Gg Kesnian Lingkungan XI
Kec.Medan Marelan, Kota Medan Provinsi
Sumatera Utara
Agama : Islam
Email : abdillahikhsan51@gmail.com
No. Hp : 081263507391

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- | | |
|--|-------------------|
| 1. SD NEGERI 060950 Medan | Tahun 2004 – 2010 |
| 2. SMPN 39 Medan | Tahun 2010 – 2013 |
| 3. SMK TR Sinar Husni | Tahun 2013 – 2016 |
| 4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2017 - 2022 |