

TUGAS AKHIR

Analisa Data Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

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

Disusun Oleh:

AHMAD HUSEIN
1707230092



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ahmad Husein
NPM : 1707230092
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Data Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan
Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90
Derajat
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, Maret 2024

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umrani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Husein
Tempat /Tanggal Lahir: Sipolu Polu, 15 Desember 1997
NPM : 1707230092
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisa Data Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat”

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, Maret 2024

Saya yang menyatakan



Ahmad Husein

ABSTRAK

Perpindahan panas merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem teknologi pada masyarakat modern ini. Saluran datar persegi merupakan saluran berpenampang segiempat dengan dinding bagian dalam bersirip atau berusuk, dimana rusuk berlubang berfungsi sebagai turbulator. Saluran berpenampang ini berfungsi untuk memindahkan kalor dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk berlubang sebagai turbulator akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran. Penelitian bertujuan untuk menganalisa laju perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90 Derajat dengan variasi jarak rusuk. Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang cukup baik dengan menambahkan rusuk. Yang di perolehnya dari hasil kecepatan dengan kecepatan aliran udara masuk di peroleh perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 0,2831 kW atau 283,1 watt dan koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 20,0248 W/m²,K. Nilai pressure drop maksimum yang terjadi pada rusuk berlubang V 90 derajat sebesar 0,01146 Pa. Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap perpindahan panas konveksi tanpa rusuk dan dengan rusuk terlihat tanpa rusuk perpindahan panas konveksi tertinggi dengan nilai 0,377 kW atau 377 Watt, Sedangkan dengan menggunakan rusuk V 90° perpindahan panas konveksi dengan nilai tertinggi 0,382 kW atau 382 Watt jika dibandingkan dari ketiga variabel tersebut maka perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada variabel tanpa rusuk dengan nilai 0,071 kW atau 71 Watt dan tertinggi terdapat pada variabel menggunakan rusuk V 90° dengan nilai 0,382 kW atau 382 Watt. Nilai bilangan Nusselt tertinggi yang terjadi pada rusuk berlubang V 90° sebesar 140,4549. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk V 90° dan rusuk berlubang V 90° maka bilangan nusselt tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk V 90° dengan nilai 199,136

Kata Kunci : Perpindahan Panas, Saluran Segiempat, Rusuk V 90 Derajat

ABSTRACT

Heat transfer is one of the most important parts of the technological system in modern society. Square flat channels are channels of rectangular cross-section with finned or ribbed inner walls, where the perforated ribs function as turbulators. This cross-sectional channel functions to transfer heat from the channel walls to the flowing fluid or vice versa. The perforated ribs as a turbulator will increase the turbulence of the fluid flow so that it will increase the convection coefficient (h) between the flowing fluid and the channel walls. The research aims to analyze the rate of heat transfer and pressure drop in rectangular channels with 90 degree V-perforated ribs with varying rib spacing. From the experimental results, quite good heat transfer was obtained by adding ribs. What he obtained from the speed results with the incoming air flow velocity was that he obtained the highest convection heat transfer of 0.2831 kW or 283.1 watts and the highest convection heat transfer coefficient of 20.0248 W/m²,K. The maximum pressure drop value that occurs in the 90 degree V hollow rib is 0.01146 Pa. The Influence of the Reynolds Number on convection heat transfer without ribs and with visible ribs without ribs, the highest convection heat transfer is 0.377 kW or 377 Watts, whereas by using 90° V ribs the convection heat transfer is with the highest value of 0.382 kW or 382 Watts when compared to the three variables. Therefore, the lowest convection heat transfer is in the variable without ribs with a value of 0.071 kW or 71 Watts and the highest is in the variable using 90° V ribs with a value of 0.382 kW or 382 Watts. The highest Nusselt number value that occurs in the 90° V hollow rib is 140.4549. When compared with variables without ribs, with V 90° ribs and V 90° hollow ribs, the highest Nusselt number is in the variable using V 90° ribs with a value of 199.136

Keywords: Heat Transfer, Quadrilateral Channel, 90 Degree V Rib

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Data Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Khairul Ummurani S.T.,M.T. 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 S.T.,M.T selaku Ketua Progran studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Orang tua penulis: Khoirul Asri Batubara dan Saerah Nasution, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis:Ahmad Husein,Ibnu Hadi, Andre Rahdianto, M. Wahyu Rinaldi, Jaka Hari Friskyadi Kesuma, Ikhsan Abdillah, Muhammad Faza Saifullah, Ihza Andikal Zikri 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 di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia teknik Mesin.

Medan, Maret 2024
Penulis

Ahmad Husein

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| COVER | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR NOTASI | xii |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan masalah | 2 |
| 1.3 Ruang lingkup | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| | |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Perpindahan Panas | 5 |
| 2.1.1 Perpindahan Panas Konduksi | 5 |
| 2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi | 6 |
| 2.1.3 Perpindahan Panas Radiasi | 7 |
| 2.2 Konduksi Termal | 8 |
| 2.3 Parameter Tanpa Dimensi | 9 |
| 2.3.1 Bilangan Reynolds (Re) | 9 |
| 2.3.2 Bilangan Nusselt (Nusselt Number) | 9 |
| 2.4 Saluran Udara | 10 |
| 2.4.1 Saluran Bulat | 10 |
| 2.4.2 Saluran Segiempat | 10 |
| 2.5 Aplikasi Rusuk Berlubang | 11 |
| 2.6 Rusuk Berlubang | 12 |
| | |
| BAB 3 METODOLOGI | 14 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 14 |
| 3.1.1 Tempat Penelitian | 14 |
| 3.1.2 Waktu Penelitian | 14 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian | 15 |
| 3.2.1 Alat Penelitian | 15 |
| 3.2.2 Bahan Penelitian | 16 |
| 3.2.3 Alat Yang Akan Diuji | 22 |
| 3.3 Bagan Alir Penelitian | 24 |
| 3.4 Rancangan Alat Penelitian | 25 |
| 3.5 Prosedur Penelitian | 26 |

| | |
|---|-----------|
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 Pelaksanaan Pengujian | 29 |
| 4.1.1 Hasil | 29 |
| 4.1.2 Data Pengujian Alat | 30 |
| 4.1.3 Analisa Data | 31 |
| 4.2 Pembahasan | 34 |
| 4.2.1 Perpindahan Panas Konveksi | 34 |
| 4.2.2 Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Bilangan Nusselt | 35 |
| 4.2.3 Koefisien Perpindahan Panas | 36 |
| 4.2.4 Penurunan Tekanan Yang Terjadi | 37 |
| | |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 38 |
| 5.1 Kesimpulan | 38 |
| 5.2 Saran | 39 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | 41 |

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan
Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian
Tabel 4.1 Spesifikasi Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat
Tabel 4.3 Konvers Temperature °C menjadi °K
Tabel 4.4 Interpolasi Apendix A-5 Properties air atmospheric pressure
Tabel 4.5 Interpolasi Temperature 303,9 °K Pada Table A-5

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi
Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi
Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi
Gambar 2.4 berbagai bentuk sirip (J.P Holman, 2010)
Gambar 2.5 Rusuk berlubang tipe V
Gambar 2.6 Konseptual di dalam dinding yang diperkeras tulang rusuk berlubang yang disebabkan oleh sudut miring dan rusuk berlubang berbentuk V
Gambar 3.1 Plat alumunium
Gambar 3.2 Mesin milling
Gambar 3.3 Milling cutter
Gambar 3.4 Gerindra tangan
Gambar 3.5 Saluran udara segiempat
Gambar 3.6 Blower
Gambar 3.7 Pemanas Listrik (*Electric Heater*)
Gambar 3.8 Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)
Gambar 3.9 Manometer tipe U
Gambar 3.10 Termokopel tipe T
Gambar 3.11 *Thermocouple degital*
Gambar 3.12 Dimmer
Gambar 3.13 *Anemometer*
Gambar 3.14 *Speed controler*
Gambar 3.15 *Volmter digital*
Gambar 3.16 Amperemeter
Gambar 3.17 Skema rusuk berlubang V
Gambar 3.18 Bagan Alir
Gambar 3.19 Saluran Segiempat I
Gambar 3.20 Saluran Segiempat II
Gambar 3.21 Rusuk Berlubang V 90 Derajat - I
Gambar 3.22 Rusuk Berlubang V 90 Derajat – II
Gambar 4.1 Saluran Segiempat
Gambar 4.2 Rusuk Berlubang V 90 Derajat
Gambar 4.3 Table A-5 Dari Temperature 100 – 350 K
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas Konveksi
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Bilangan Nusselt
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Konveksi
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Penurunan Tekanan

DAFTAR NOTASI

| | | | |
|---------------|---|---|-----------------|
| A | = | Luasan penampang saluran udara | (m^2) |
| K | = | Konduktivitas panas | ($W/M^2.K$) |
| L | = | Panjang saluran udara | (m) |
| V | = | Kecepatan rata – rata dalam saluran udara | (m/s) |
| h | = | Koefisien perpindahan panas konveksi | ($W/M^2.K$) |
| Qcon | = | Laju perpindahan panas konveksi | (W) |
| Qrad | = | Laju perpindahan panas radiasi | (W) |
| Dh | = | Diameter dari saluran udara | (m) |
| σ | = | Konstanta Stefan – Boltzman $5,67 \times 10^{-8}$ | ($W/M^2.K^4$) |
| μ | = | Viskositas dinamik udara | |
| ε | = | Emisivitas (benda hitam) | |
| Re | = | Duct bilangan reynold | |
| Nu | = | Duct nusselt number | |

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 hambatan, radiasi (*radiation*) atau pancaran. Penurunan tekanan (Pressure drop) dapat disebabkan oleh adanya gesekan, gravitasi, belokan dan perubahan kecepatan. Salah satu jenis perpindahan panas yang digunakan ialah perpindahan panas konveksi. Dimana perpindahan panas ini menggunakan panas yang dihasilkan dari heater. Pada analisa dalam penelitian ini perpindahan panas menggunakan media saluran berpenampang segiempat dengan dimensi penampang sebesar Panjang : 2000 mm dan lebar : 75mm. Dimana udara diambil pada suhu kamar dari Laboratorium Teknik Mesin UMSU dengan blower sentrifugal 370 watt pada 3000 rpm yang terletak diujung hilir.

Saluran datar persegi merupakan saluran berpenampang segiempat dengan dinding bagian dalam bersirip atau berusuk, dimana rusuk berlubang berfungsi sebagai turbulator. Saluran berpenampang ini berfungsi untuk memindahkan kalor dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk berlubang 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 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 45^0 terhadap arah aliran oleh Ahn et. el. (2007).

Perluasan permukaan perpindahan panas menggunakan rusuk berlubang sering digunakan dalam peralatan penukar panas yang bertujuan untuk meningkatkan perpindahan panas antara permukaan utama dan fluida disekitarnya. Berbagai tipe rusuk berlubang alat penukar panas mulai dari bentuk yang sederhana, seperti rusuk segiempat (*rectangular*), silinder, annular, tirus (*tapered*) atau pin. Ravi, et al (2017) mempelajari banyak geometri rusuk berlubang yang berbeda, seperti rusuk berbentuk V, W, dan M dalam dua lintasan saluran persegi. Lee, et al (2003) secara eksperimental mempelajari karakteristik perpindahan panas dalam saluran bergaris rasio aspek tinggi dengan bentuk V dan miring. Mereka menemukan bahwa rusuk berlubang berbentuk V memberikan panas yang lebih tinggi. Salah satu tipe rusuk berlubang alat penukar panas yang digunakan adalah rusuk berlubang V dengan sudut 90^0 . Rusuk berlubang V adalah elemen berbentuk V dengan sudut 90^0 yang dipasang didalam saluran berpenampang segiempat terhadap dinding alat penukar panas, dengan fluida pendingin yang mengalir dalam arah aliran melintang terhadap elemen rusuk berlubang tersebut.

Laju perpindahan panas pada rusuk berlubang V dengan temperatur 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 perakitannya, cara-cara ini dapat dibatasi oleh penurunan tekanan maksimum yang di izinkan melalui rusuk berlubang V tersebut. Karena penurunan tekanan dapat melebihi energi yang didapat dari usaha peningkatkan perpindahan tersebut.

Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90^0 . Dimana penelitian ini menggunakan penurunan jumlah rusuk berlubang V 2 dan V 3 pada perpindahan panas dan penurunan tekanan dimensi plat datar panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk berubang V 10 mm dengan sudut 90^0 . Penelitian bertujuan untuk menganalisa laju perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90^0 dengan variasi jarak rusuk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana meminimalkan atau mengurangi perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang $V 90^0$ dan bagaimana karakteristik perpindahan panas dan laju perpindahan panas konveksi serta faktor gesekan pada rusuk berlubang V dalam saluran segiempat.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Material rusuk berlubang V dengan sudut 90^0 dan plat datar (*base plate*) yang digunakan adalah besi.
2. Pengujian dengan jumlah rusuk berlubang V sebanyak 2 dan 3.
3. Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu.
4. Dimensi plat datar yang digunakan adalah : panjang 200 mm, lebar 150 mm dan tebal rusuk berlubang V 10 mm.
5. Penelitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat.
6. Kecepatan udara

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menganalisis bagaimana karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang $V 90^0$ dengan variasi jarak jauh.
2. Untuk menganalisis laju perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang $V 90^0$.
3. Untuk membandingkan pengaruh penurunan tekanan pada saluran segiempat pada rusuk berlubang $V 90^0$.

1.5 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. Dengan alat ini dapat memprediksi perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat rusuk berlubang $V 90^0$.
3. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang $V 90^0$.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

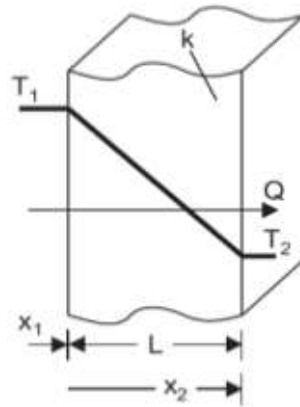
2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau perpindahan kalor seperti yang ditulis oleh Frank Keith pada tahun 1997 adalah berpindahnya suatu energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Ilmu perpindahan kalor menjelaskan bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal ada tiga proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi (*conduction*), konveksi (*convection*) dan radiasi (*radiation*). Ketiga proses perpindahan panas tersebut memiliki arti yang berbeda-beda, tetapi karena perpindahan panas radiasi yang sangat kecil maka dapat diabaikan. Pada situasi alam, kalor mengalir tidak hanya dengan satu cara tetapi dengan beberapa cara yang terjadi bersamaan. Sangat penting untuk diperhatikan bahwa di dalam perancangan berbagai cara perpindahan panas yang terjadi akan saling mempengaruhi untuk menentukan proses perpindahan kalor, karena di dalam pelaksanaannya bila salah satu mekanisme mendominasi secara kuantitatif, maka diperoleh penyelesaian secara prediksi (*approximate solution*) yang bermanfaat dengan mengabaikan semua mekanisme kecuali mekanisme yang dominan.

2.1.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas secara konduksi (*conduction*) atau hantaran adalah suatu proses perpindahan energi panas dimana energi panas tersebut mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium atau pada fluida diam atau perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan seperti pada Gambar 2.1. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya. persamaan umum konduksi untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikenal dengan hukum Fourier seperti dibawah ini

$$q_{cond} = K.A \frac{\Delta T}{L} \quad (2.1)$$

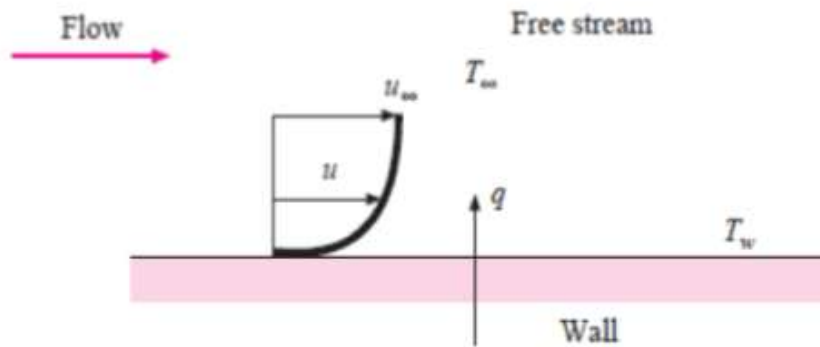


Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi

2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi akibat adanya pergerakan molekul pada suatu zat, hal tersebut yang mengakibatkan perpindahan panas secara konveksi seperti pada Gambar 2.2. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi secara alami dan buatan. Konveksi alami yaitu dimana perpindahan panas yang dipengaruhi oleh fluida yang terjadi tanpa adanya paksaan atau faktor kesengajaan hanya dipengaruhi dari perbedaan temperatur antara permukaan benda dengan fluida pada permukaan benda. Sedangkan konveksi paksa merupakan peristiwa konveksi dengan mengalirkan fluida secara sengaja di sekitar permukaan benda (J.P Holman,2010). Jika suatu plat dibiarkan berada diudara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar, maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya gradien densitas di dekat plat. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah atau konveksi bebas, untuk membedakannya dengan konveksi paksa yaitu apabila pada plat udara dihembuskan diatas plat itu dengan kipas. Perhitungan laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan Hukum Newton.

$$q = h.A(T_w.T_\infty) \tag{2.2}$$

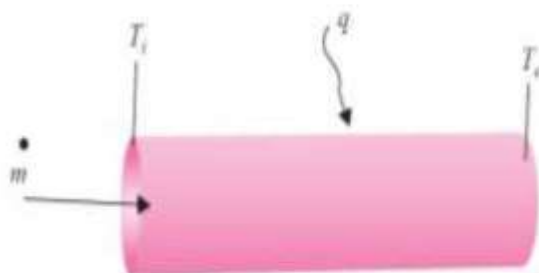


Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi

2.1.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi seperti pada Gambar 2.3 adalah proses mengalirnya panas dari benda bertemperatur tinggi ke bertemperatur rendah masing-masing benda berada di dalam ruang yang sama, bahkan jika terdapat diruang hampa diantara benda-benda tersebut. Energi panas radiasi mengenai suatu bahan, maka sebagian radiasi akan di pantulkan, sebagian lain diserap oleh bahan dan sebagian lainnya diteruskan kebagian yang lain. Menghitung besarnya energy radiasi dapat digunakan persamaan.

$$q_{rad} = \epsilon \cdot \sigma \cdot AT^4 \quad (2.3)$$



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi

Dimana q ialah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefan boltzman dengan nilai $5,67 \times 10^{-8} W / m^2 \cdot K^4$. Persamaan diatas disebut hukum stefan boltzman tentang radiasi thermal, dan berlaku hanya untuk benda hitam.

2.2 Konduktivitas Termal

Koefisien termal (k) didefinisikan sebagai laju perpindahan panas pada suatu benda dengan suatu gradien temperatur. Dengan kata lain konduktivitas termal menyatakan kemampuan bahan menghantarkan kalor. Koefisien konduktivitas termal (k) merupakan formulasi laju panas pada suatu benda dengan suatu gradien temperatur. Nilai konduktivitas termal sangat berperan penting untuk menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi yang baik atau buruk.

Bahan yang mempunyai konduktivitas yang baik disebut dengan konduktor, misalnya logam. Sedangkan bahan yang mempunyai konduktivitas jelek disebut isolator, misalnya asbes, wol, dsb. Suatu bahan dikatakan konduktor apabila bahan tersebut mempunyai nilai k yang besar yaitu $> 4.15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, biasanya bahan tersebut terbuat dari logam. Sedangkan untuk isolator mempunyai nilai $k < 4.01 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, biasanya bahan tersebut terbuat dari bahan bukan logam. Nilai konduktivitas termal penting untuk menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi panas yang baik (good conductor) untuk nilai koefisien konduktivitas termal yang besar dan penghantar panas yang tidak baik (good isolator) untuk nilai koefisien panas yang kecil. Pada Table 2.1 kita melaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan.

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan (J.P Holman, 2010)

| | Bahan | Konduktivitas termal K $\text{W/m}^\circ\text{C}$ | Panas spesifik C_p $\text{J/Kg}^\circ\text{C}$ |
|-----------|-------------------|---|---|
| Logam | Perak (murni) | 410 | 234 |
| | Tembaga (murni) | 385 | 383,1 |
| | Aluminium (murni) | 202 | 896 |
| | Nikel (murni) | 93 | 445,9 |
| | Besi (murni) | 73 | 452 |
| | Baja karbon 1 % C | 43 | 473 |
| Non logam | Kuarasa | 41,6 | 820 |
| | Magnesit | 4,15 | 1130 |

| | | | |
|----------|---------------|--------|-------|
| | Batu pasir | 1,83 | 710 |
| | Kaca | 0,78 | 880 |
| | Kayu maple | 0,17 | 240 |
| Zat cair | Air raksa | 8,21 | 1430 |
| | Air | 0,556 | 4225 |
| Gas | H | 0,175 | 14314 |
| | He | 0,141 | 5200 |
| | Udara | 0,024 | 1005 |
| | Uap air jenuh | 0,0206 | 2060 |

2.3 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 :

2.3.1 Bilangan Reynolds (Re)

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 hidrolis dari saluran (D_h) dan dinyatakan dengan :

$$Re = \frac{v \cdot D_h}{\nu} \quad (2.4)$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu} \quad (2.5)$$

2.3.2 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 :

$$N_u = \frac{h \cdot D_h}{k} \quad (2.6)$$

2.4 Saluran Udara

Fungsi utama saluran adalah untuk membekalkan udara ke arah tertentu, serta menggerakkan campuran udara atau gas. Dari segi bentuk saluran udara dapat di bedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

2.4.1 Saluran bulat.

Saluran bulat menurut pendapat penggunaan yang paling meluas kerana kemudahan dan kepraktisan pengeluaran dan pemasangan. Di samping itu, pengiraan matematik dan data eksperimen mengesahkan fakta bahwa pengudaraan saluran bulat jauh lebih berkesan dan baik. Sebab dengan bentuk yang bulat dapat mengalirkan uadara lebih baik karena aerodinamik terhadap aliran udara.

2.4.2 Saluran Segiempat

Saluran segiempat dapat memuat dengan selesa dan harmoni ke bahagian dalam bilik dengan hampir semua gaya, terutamanya di mana ketinggian silingnya kecil. Namun, dibandingkan dengan saluran udara versi sebelumnya, ia lebih memakan masa dalam pengeluaran dan semasa pemasangan, dan juga mempunyai ciri aerodinamik yang lebih buruk. Berikut beberapa penelitian yang berhubungan dengan saluran segiempat.

Sahin. B., et al (2008) melakukan penelitian tentang peningkatan perpindahan panas dan penurunan tekanan melalui permukaan datar yang dilengkapi dengan sirip-sirip pin silinder berlubang dalam sebuah saluran segiempat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan saluran segiempat yang terbuat dari kayu berdimensi; lebar 250 mm, tinggi 100 mm, tebal 20 mm dan diameter hidrolis, Dh 142,86 mm dan panjang saluran 3140 mm. Plat dasar (base plate) terbuat dari aluminium (Al 1050) dengan dimensi panjang 250 mm, lebar 250 mm dan tebal 6 mm.

Istanto, T., & Rokhadi, A. W. (2011) melakukan penelitian Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan dengan rangka dari kayu, dengan spesifikasi dimensinya adalah 150 mm x 75 mm x 2000 mm. Pemanas elektrik (heater) dibuat dari lilitan pita nikelin dengan panjang 4 m, lebar 3 mm, dan tebal 1,3 mm yang dililitkan pada kertas mika tahan panas dengan dimensi panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal 1 mm. Spesimen terdiri atas plat dasar (base plate) dengan panjang 200 mm, lebar 150 mm, tebal 6,5 mm. Plat

dasar terbuat dari bahan duralumin. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan aliran udara masuk antara 0,5 – 6 m/s.

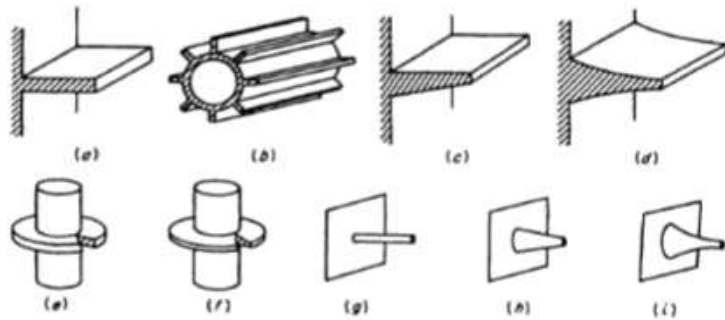
Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019) melakukan penelitian udara diambil pada suhu kamar dari laboratorium dengan blower sentrifugal 1100W pada 2800 rpm yang terletak di ujung hilir, kemudian masuk ke bagian saluran masuk dari saluran persegi panjang. Saluran tersebut memiliki panjang 3 m dan dibagi menjadi tiga bagian, bagian pertama memiliki panjang (200 cm) untuk memastikan aliran berkembang sepenuhnya. Bagian tes adalah (50 cm) panjang dan bagian keluar (50 cm). Penampang saluran berukuran lebar 40 cm kali 4 cm. Pemanas tipe pelat datar telah digunakan untuk menyediakan permukaan bawah pelat uji dengan fluks panas yang seragam. Pemanas ini dibentuk dari lembaran Mika dan strip kawat listrik dengan tahanan tinggi dibagi menjadi lima bagian. Pemanas diikuti oleh (50 mm) ketebalan lapisan isolasi serat (Ceramic Fiber Blankets SE / TEKFIBER).

2.5 Aplikasi Rusuk Berlubang

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 secara konveksi dari air foils turbin gas (Istanto, Rokhadi.2011). Rusuk berlubang atau sirip sering digunakan pada alat penukar kalor untuk meningkatkan luasan perpindahan panas antara permukaan utama dengan fluida di sekitarnya. Penggunaan rusuk berlubang banyak ditemui dalam proses pendinginan silinder pada motor pembakaran dalam, pendinginan silinder kompresor dan pendinginan peralatan elektrikal seperti transformator dan aplikasi rusuk berlubang juga sering dijumpai pada sistem pendinginan ruangan, peralatan elektronik, motor bakar, sudu turbin gas dan alat penukar kalor. 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. Bentuk-bentuk sirip akan mempengaruhi luas penampang permukaan sirip tersebut. Maka perlu dilakukan penelitian pengaruh bentuk penampang sirip pin 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)

2.6 Rusuk Berlubang

Rusuk berlubang atau Sirip seperti pada Gambar 2.5 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.

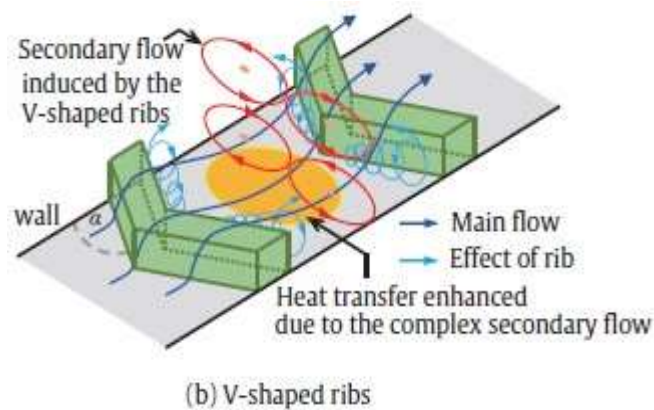


Gambar 2.5 Rusuk berlubang tipe V

Lee, et al (2003) secara eksperimental mempelajari karakteristik perpindahan panas dalam saluran bergaris rasio aspek tinggi dengan berbentuk V dan miring Tulang iga. Mereka menemukan bahwa tulang rusuk berlubang berbentuk V memberikan panas yang lebih tinggi peningkatan transfer dari rusuk miring.

Lu dan Jiang (2006) mempelajari kinerja termal udara pendingin di saluran persegi panjang yang dibuat kasar oleh rusuk miring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas rata-rata meningkat dengan meningkatnya laju aliran massa dan mengurangi jarak. Lau, et al (1991) Secara eksperimental mempelajari koefisien perpindahan panas dalam saluran persegi dengan bentuk rusuk berlubang V pada rasio tinggi 10 menggunakan termokopel teknik untuk mengukur suhu dinding. Mereka menunjukkan itu kecepatan perpindahan panas untuk tulang rusuk berlubang berbentuk 60° V lebih tinggi dari yang lain kasus tulang rusuk.

Baru-baru ini, Maurer et al. (2007) Menyelidiki perpindahan panas dan karakteristik penurunan tekanan pada gambar 2.6 rusuk berlobang berbentuk V dan W untuk rasio tinggi tulang rusuk berlubang yang berbeda. Mereka menemukan bahwa termal kinerja rusuk berlubang berbentuk V lebih baik dari rusuk berlubang berbentuk M. dengan rasio aspek tinggi 10.



Gambar 2.6 Konseptual di dalam dinding yang diperkeras tulang rusuk berlubang yang disebabkan oleh sudut miring dan rusuk berlubang berbentuk V

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dilakukannya penelitian “Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat” di laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

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. Dapat dilihat pada Tabel 3.1

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 | Perancangan desain saluran segi empat dengan rusuk berlubang | | | | | | |
| 5 | Menganalisa perpindahan panas saluran segi empat dengan rusuk berlubang | | | | | | |
| 6 | Penulisan laporan | | | | | | |
| 7 | Seminar proposal | | | | | | |

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

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

1. Plat alumunium

Plat alumunium digunakan untuk membuat rusuk berlubang V. Tebal 10 mm x panjang 200 mm dan lebar 200 mm seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Plat alumunium

2. Mesin milling

Mesin Milling (Frais) CNC seperti pada Gambar 3.2 adalah alat potong yang dioperasikan oleh mesin yang diprogram dan dikelola oleh sistem Computer Numerical Control (CNC) untuk menyingkirkan/memotong material dari benda kerja secara akurat. Mesin milling digunakan untuk membuat rusuk berlubang V dengan menggunakan plat alumunium, untuk bahan yang akan di uji.



Gambar 3.2 Mesin milling

3. Milling cutter

Milling cutter digunakan untuk mengikis plat aluminium, yang akan dibuat rusuk berlubang V. Seperti Gambar 3.3. Pisau frais alur T, digunakan untuk mengefrais alur berbentuk T. sebagaimana bentuk alur T pada meja mesin frais, mesin skrap dan mesin lainnya.



Gambar 3.3 Milling cutter

4. Gerindra Tangan

Gerinda tangan seperti pada Gambar 3.4 digunakan untuk memotong plat aluminium dan besi dengan sesuai dengan desain yang telah dibuat



Gambar 3.4 Gerindra tangan

3.2.2 Bahan 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 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm. Seperti pada Gambar 3.5. Saluran udara segiempat



Gambar 3.5 Saluran udara 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 in, daya 370 Watt, Tegangan, 220 V 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 (*Flow Straightener*)

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 solar. Seperti pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Manometer tipe U Selang 5 mm

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 Penggunaannya pun untuk mengontrol suhu heater atau oven dan furnace agar terkontrol dan tetap konstan.



Gambar 3.10 Termokopel tipe T

7. *Thermocouple digital*

Alat ini digunakan untuk menunjukkan nilai temperatur 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 controler*

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 *Volmter* digital

12. Amperemeter

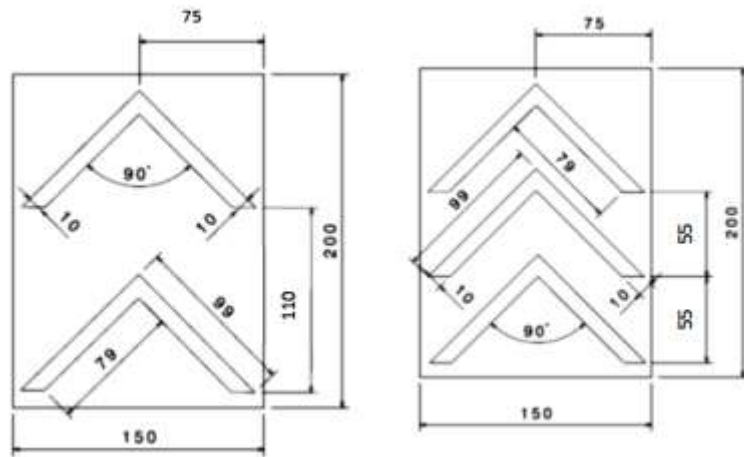
Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang dibutuhkan heater untuk mencapai temperature base plate yang diinginkan. Seperti pada Gambar 3.16



Gambar 3.16 Amperemeter

3.2.3 Alat yang akan diuji

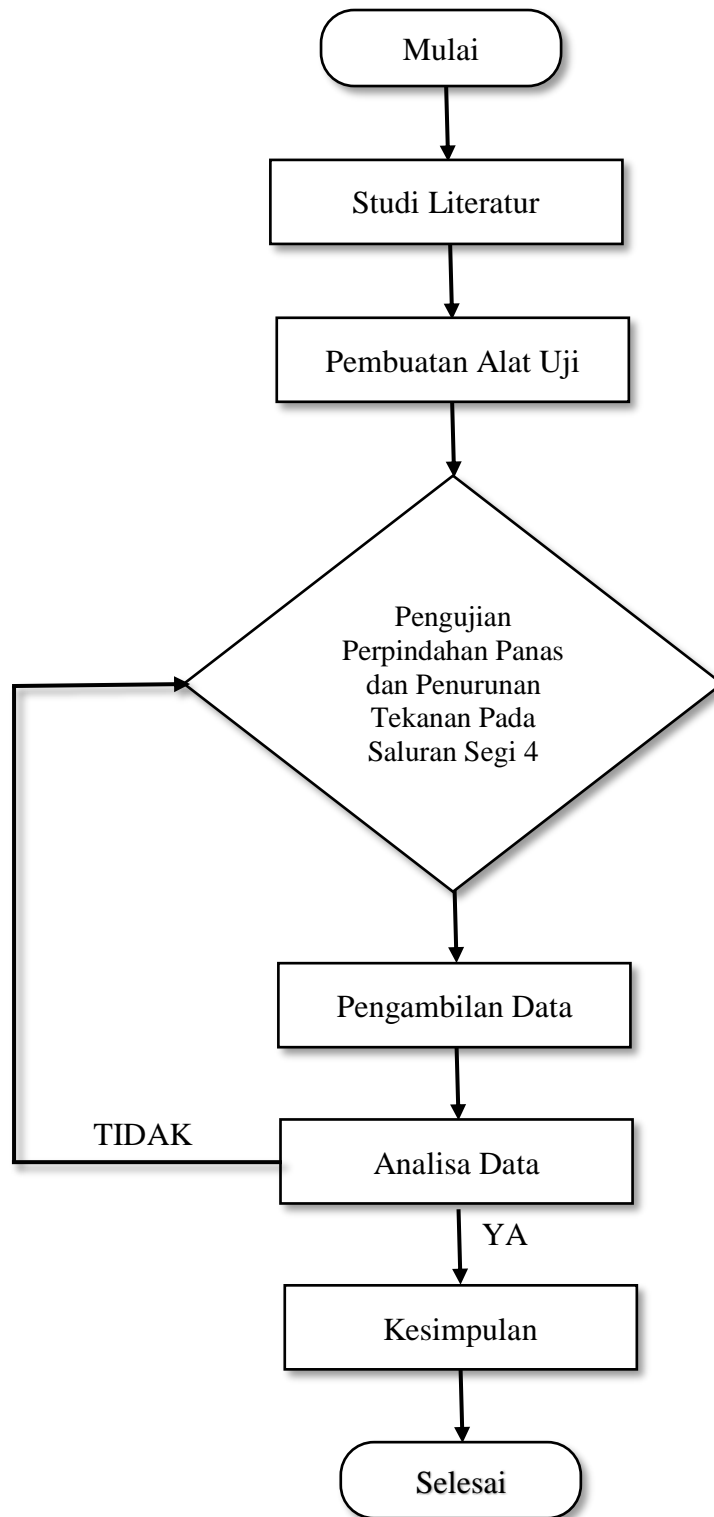
Pada penelitian ini akan menganalisis kekasaran permukaan aluminium alloy rusuk berlubang V pada saluran segiempat . Dimana penilitian ini untuk mempercepat laju perpindahan panas dengan cara memperluas permukaan benda . Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk berlubang V 10 mm. Rusuk berlubang berbentuk V memberikan peningkatan perpindahan panas 7% lebih tinggi, Akan tetapi penurunan tekanan untuk rusuk berlobang berbentuk V adalah 19%. Kinerja hidraulik termal rusuk berlobang berbentuk V memiliki kinerja yang jauh lebih baik. Seperti pada Gambar 3.17



Gambar 3.17 Skema rusuk berlubang V

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir seperti pada Gambar 3.18 dari penelitian ini sebagai berikut



Gambar 3.18 Bagan Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Desain penelitian atau rancang bangun penelitian adalah rencana dan struktur penyidikan yang disusun demikian rupa sehingga peneliti akan mendapatkan hasil penelitian. Saluran segiempat dapat dilihat pada Gambar 3.19 dan Gambar 3.20, Sedangkan rusuk berlubang dapat dilihat pada Gambar 3.21



Gambar 3.19 Saluran Segiempat I



Gambar 3.20 Saluran Segiempat II

Adapun bagian – bagian pada alat penelitian sebagai berikut

1. Blower

Blower digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam saluran segiempat

2. Saluran segiempat

Saluran segiempat sebagai wadah atau aliran udara yang dihasilkan dari blower

3. Thermocouple digital

Untuk mengukur suhu yang berada dalam saluran segiempat

4. Rumah heater

Rumah heater terdapat rusuk V yang akan dilakukan pengujian perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat

5. Manometer U

Manometer digunakan untuk mengukur tekanan, Mengukur tekanan udara pada ruang tertutup yaitu saluran segiempat

6. Dimmer

Dugunakan untuk mengatur kecepatan putaran blower, Agar putaran yang dihasilkan lebih konsisten atau optimal

7. Voltmeter

Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan listrik.

8. Ampermeter digital

Amperemeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur nilai arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian listrik

9. Speed controller

Speed controller salah satu komponen mobil yang berfungsi sebagai pengukur elektronik untuk menentukan RPM idle atau langsam.



Gambar 3.21 Rusuk Berlubang V 90 Derajat – I



Gambar 3.22 Rusuk Berlubang V 90 Derajat – II

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun langkah-langkah Prosedur percobaan sebagai berikut:

1. Memasang spesimen rusuk berlubang V kedalam saluran udara
2. Menghubungkan semua termokopel dengan thermocouple digital
3. Menghidupkan heater sebagai pemanasan awal
4. Menghidupkan fan hisap
5. Mengatur kecepatan udara sebesar 1 m/s dengan mengatur putaran fan hisap menggunakan rheostat
6. Mengatur temperatur permukaan base plate
7. Mencatat seluruh data temperatur dan beda tinggi fluida, manometer (h) setiap 15 menit sampai didapatkan temperatur steady
8. Mencatat tegangan listrik dan arus listrik yang mengalir pada heater dan fan hisap
9. Mematikan heater setelah selesai mengambil data

10. Mematikan fan
11. Mengulangi langkah percobaan 1-10 untuk variasi kecepatan udara lain 1 m/s, dan 5 m/s
12. Mengulangi langkah percobaan 1-11 dengan mengganti spesimen untuk variasi jumlah rusuk berlubang V yang lain
13. Memastikan alat setelah selesai mengambil semua data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pelaksanaan Pengujian

4.1.1 Hasil

Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampang bagian dalam dari saluran udara segiempat adalah 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm.



Gambar 4.1 Saluran Segiempat

Saluran datar persegi merupakan saluran berpenampang segiempat dengan dinding bagian dalam bersirip atau berusuk V 90 derajat, dimana rusuk berlubang berfungsi sebagai turbulator. Saluran berpenampang ini berfungsi untuk memindahkan kalor dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk berlubang sebagai turbulator akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran.



Gambar 4.2 Rusuk Berlubang V 90 Derajat

Setelah melakukan pengujian menggunakan saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90 derajat maka didapat nilai kecepatan aliran (m/s), Temperature masuk (°C) dan Temperature keluar (°C) pada masing masing frekuensi kemudian hasil tersebut diambil rata - ratanya seperti pada Tabel 4.2. Melakukan pengujian dengan rusuk berlubang V 90 derajat dengan diameter lubang 3mm dan jarak antar lubang 9 mm kemudian variasi kecepatan aliran udara masuk yaitu 10Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz

4.1.2 Data Pengujian Alat

Tabel 4.1 Spesifikasi Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

| | | | | | | |
|---------------------------------|---|------|----|---|-------|---|
| 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 | | | |
| Tahanan (R) | : | 140 | | | | |
| Arus Heater (Ih) | : | 1,8 | A | | | |
| Tegangan fan (Vf) | : | | V | | | |
| Arus fan (If) | : | | A | | | |
| Ketinggian fluida monometer (h) | : | 1 | mm | → | 0,001 | m |

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

| Frekuensi (Hz) | Velocity (m/s) | T _{In} (°C) | T _{Out} (°C) | ΔT (°C) | Tf (°C) |
|----------------|----------------|----------------------|-----------------------|---------|---------|
| 10 | 0.9601 | 28.1 | 30.8 | 2.7 | 29.45 |
| 20 | 2.0239 | 28.4 | 30.3 | 1.9 | 29.35 |
| 30 | 3.0257 | 28.8 | 30.6 | 1.8 | 29.7 |
| 40 | 4.4374 | 29.5 | 30.8 | 1.3 | 30.15 |
| 50 | 5.5263 | 30.3 | 31.5 | 1.2 | 30.9 |

Seperti yang terlihat pada Tabel 4.2 untuk menentukan nilai ΔT dengan cara T_{Out} - T_{In} dan Tf dengan cara (T_{In} + T_{Out}) / 2. Kemudian untuk Tf, Temperature masuk dan keluar dikonvers dari °C menjadi °K untuk menyesuaikan pada table A-5 properties of air at atmospheric pressure yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Untuk hasil konvers temperature dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan untuk hasil interpolasi table A-5 dapat dilihat pada Tabel 4.4

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 kJ/kg·°C | $\mu \times 10^5$ kg/m·s | $\nu \times 10^6$ m ² /s | k W/m·°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 |

Gambar 4.3 Table A-5 Dari Temperature 100 – 350 K

Tabel 4.3 Konvers Temperature °C menjadi °K

| Frekuensi (Hz) | T _{In} (°K) | T _{Out} (°K) | Tf (°K) |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| 10 | 301.1 | 303.8 | 302.45 |
| 20 | 301.4 | 303.3 | 302.35 |
| 30 | 301.8 | 303.6 | 302.7 |
| 40 | 302.5 | 303.8 | 303.15 |
| 50 | 303.3 | 304.5 | 303.9 |

Tabel 4.4 Interpolasi Apendix A-5 Properties air atmospheric pressure

| Hz | T °K | ρ kg/m ³ | Cp kJ/kg·°C | $\mu 10^5$ Kg/m.s | k W.m.°C | Pr |
|-----|---------|-----------------------------|----------------|----------------------|-------------|--------|
| A-5 | 300 | 1.1774 | 1.0057 | 1.8462 | 0.02624 | 0.708 |
| 10 | 302.45 | 1.1686 | 1.0059 | 1.8574 | 0.0264 | 0.7075 |
| 20 | 302.35 | 1.1690 | 1.0059 | 1.8570 | 0.0264 | 0.7075 |
| 30 | 302.7 | 1.1677 | 1.0059 | 1.8586 | 0.0264 | 0.7074 |
| 40 | 303.15 | 1.1661 | 1.0059 | 1.8606 | 0.0265 | 0.7073 |
| 50 | 303.9 | 1.1634 | 1.0060 | 1.8640 | 0.0265 | 0.7071 |
| A-5 | 350 | 0.998 | 1.009 | 2.075 | 0.03003 | 0.697 |

4.1.3 Analisa Data

Pada analisa data diambil contoh dari variasi frekuensi (Hz) untuk menghitung perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90 derajat, Maka dipilih 50 Hz dengan kecepatan aliran

udara 5,5263 m/s dan T_f 303,9 °K sebagai contoh perhitungan. Melakukan interpolasi menggunakan excel, Interpolasi dilakukan karena temprature tidak ada pada table A-5. Hasil interpolasi dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Interpolasi Temperature 303,9 °K Pada Table A-5

| T | ρ | Cp | $\mu 10^5$ | k | Pr |
|-------|--------|--------|------------|---------|--------|
| 300 | 1.1774 | 1.0057 | 1.8462 | 0.02624 | 0.708 |
| 303.9 | 1.1634 | 1.0060 | 1.8640 | 0.0265 | 0.7071 |
| 350 | 0.998 | 1.009 | 2.075 | 0.03003 | 0.697 |

1. Luas Penampang Saluran Udara

$$\begin{aligned} A_t &= H \times W_b \\ &= 0,152 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \\ &= 0,365 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Diameter Saluran Udara

$$\begin{aligned} Dh &= \frac{4H \times W_b}{2(H+W_b)} \\ Dh &= \frac{4 \times 0,152 \times 0,24}{2(0,152+0,24)} = 0,1861 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Laju Aliran Massa Udara

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot A \cdot V \\ m &= 1,1634 \cdot 0,0365 \cdot 5,5263 = 0,2345 \text{ Kg/s} \end{aligned}$$

4. Perpindahan Panas konveksi

$$\begin{aligned} Q_{Conv} &= m \cdot Cp (T_{Out} - T_{In}) \\ Q_{Conv} &= 0,2345 \cdot 1,0060 (304,5 - 303,3) = 0,2831 \text{ kW} \end{aligned}$$

5. Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho \cdot V \cdot Dh}{\mu} \\ Re &= \frac{1,1634 \cdot 5,5263 \cdot 0,1861}{1,8640} = 64196,0187 \end{aligned}$$

6. Bilangan Nusselt

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

$$Nu = 0,023(64196,0187^{0,8} \times 0,7071^{0,4}) = 140,4549$$

7. Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Saluran Udara Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

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

$$h = \frac{140,4549 \cdot 0,0265}{0,1861} = 20,0248 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

8. Penurunan Tekanan Pada Saluran Udara Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

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

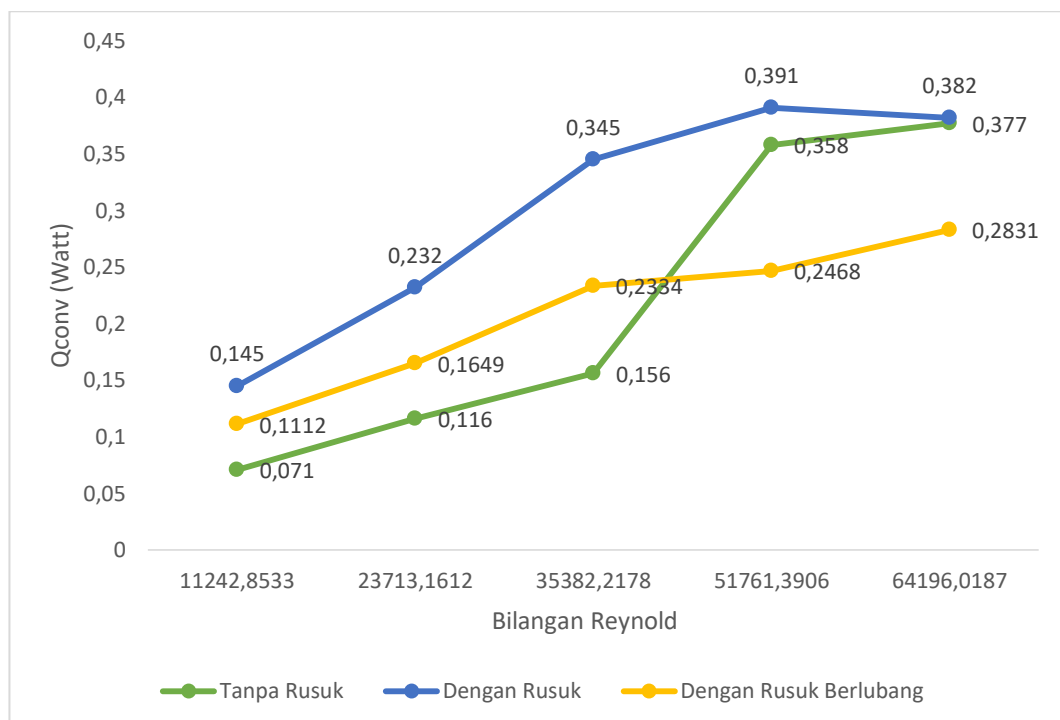
$$\Delta P = 1,1634 \cdot 9,81 \cdot 0,001 = 0,01141 \text{ Pa}$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas Konveksi

Pada Gambar 4.2 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt), Nilai konveksi perpindahan panas menggunakan rusuk berlubang V 90° mengalami peningkatan dengan nilai tertinggi 0,2831 kW atau 283.1 Watt.

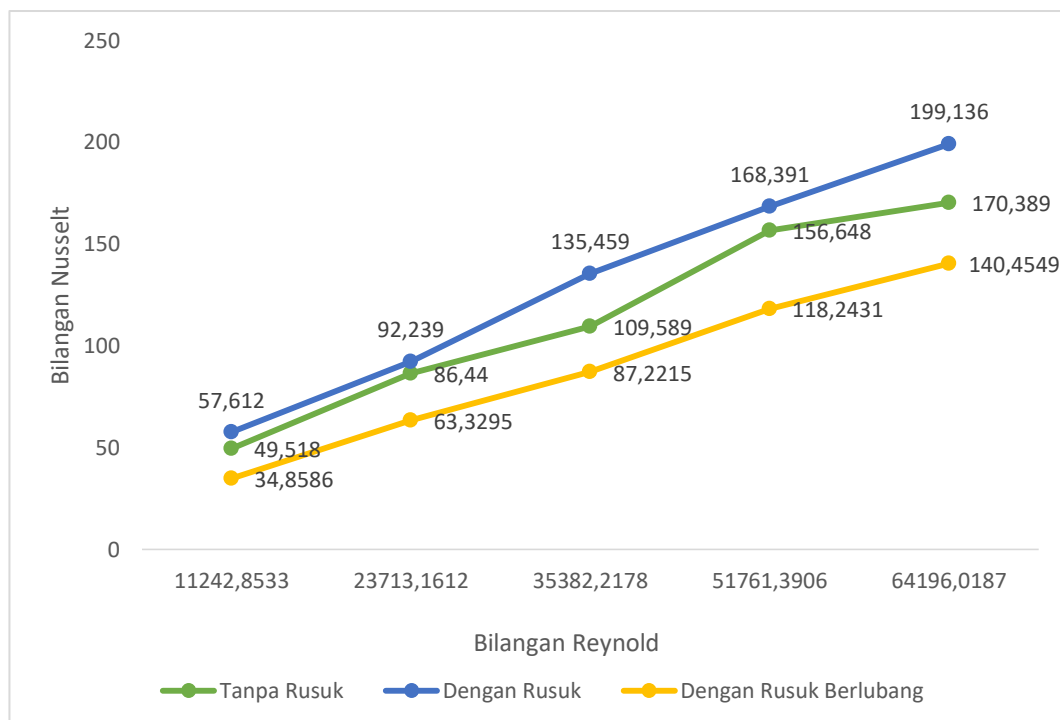
Dapat dilihat pada Gambar 4.2 perpindahan panas konveksi tanpa rusuk dan dengan rusuk terlihat tanpa rusuk perpindahan panas konveksi tertinggi dengan nilai 0,377 kW atau 377 Watt, Sedangkan dengan menggunakan rusuk V 90° perpindahan panas konveksi dengan nilai tertinggi 0,382 kW atau 382 Watt jika dibandingkan dari ketiga variabel tersebut maka perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada variabel tanpa rusuk dengan nilai 0,071 kW atau 71 Watt dan tertinggi terdapat pada variabel menggunakan rusuk V 90° dengan nilai 0,382 kW atau 382 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.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas Konveksi

4.2.2 Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Bilangan Nusselt

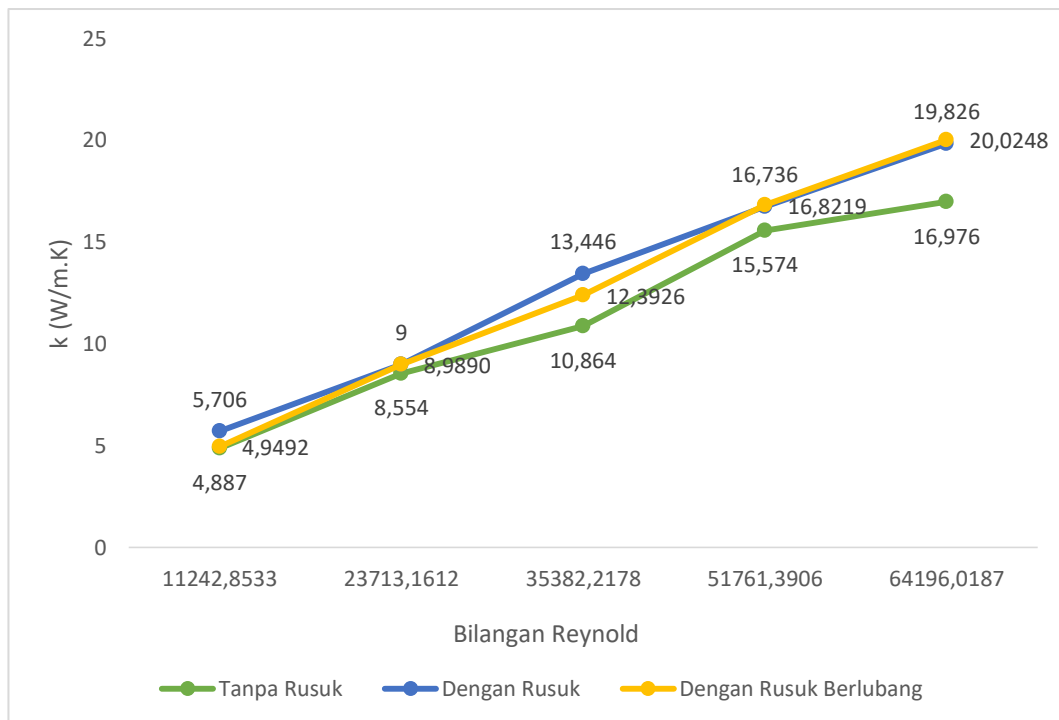
Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa bilangan Reynolds berpengaruh kuat pada laju perpindahan panas dan pada Gambar 4.3 pengaruh bilangan Reynold terhadap bilangan nusselt dapat dilihat bahwa bilangan Nusselt rata-rata meningkat dengan kenaikan bilangan Reynolds. Hal ini disebabkan naiknya koefisien perpindahan 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 tertinggi yang terjadi pada rusuk berlubang $V 90^\circ$ sebesar 140,4549. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk $V 90^\circ$ dan rusuk berlubang $V 90^\circ$ maka bilangan nusselt tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk $V 90^\circ$ dengan nilai 199,136 sedangkan bilangan nusselt terendah terdapat pada variabel menggunakan rusuk berlubang $V 90^\circ$ dengan nilai 34,8586.



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Bilangan Nusselt

4.2.3 Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

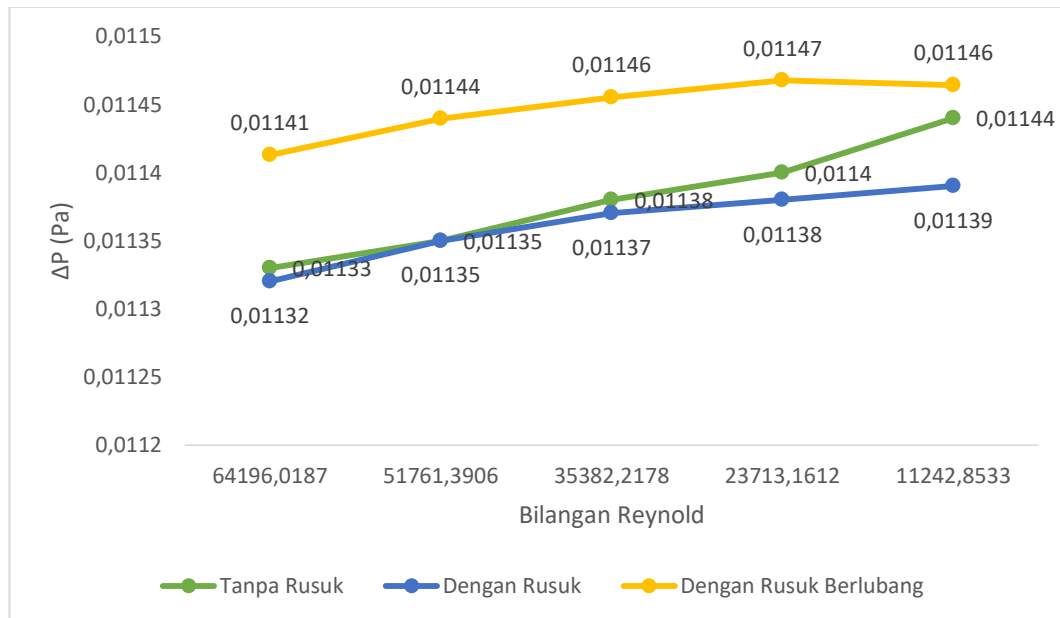
Pada Gambar grafik 4.4 pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi. Semakin meningkat nilai koefisien konveksi maka akan semakin meningkatnya bilangan Reynold. Hal ini disebabkan laju aliran udara pada blower meningkat panas dari saluran, sehingga koefisien perpindahan panasnya akan semakin meningkat. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90° nilai terendah yaitu 4,9492 W/m².K dan tertinggi sebesar 20,0248 W/m².K. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk V 90° dan rusuk berlubang V 90° maka koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk berlubang V 90° dengan nilai 20,0248 W/m².K sedangkan koefisien perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada variabel tanpa rusuk dengan nilai 4,887 W/m².K. Semakin besar nilai koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata, maka semakin besar laju perpindahan panas konveksi yang terjadi.



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

4.2.4 Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Penurunan Tekanan Yang Terjadi Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

Pada Gambar 4.5 pengaruh bilangan reynold terhadap penurunan tekanan (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 V 90° dan rusuk berlubang V 90°. Penurunan tekanan yang terjadi dengan menggunakan rusuk berlubang V 90° mendapatkan nilai tertinggi 0,01146 Pa dan nilai terendah 0,01141 Pa dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penambahan variabel rusuk berlubang V 90° mengurnagi pressure dropnya yang terjadi pada saat tanpa rusuk. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk V 90° dan rusuk berlubang V 90° maka penurunan tekanan tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk berlubang V 90° dengan nilai 0,01146 Pa sedangkan penurunan tekanan terendah terdapat pada variabel dengan rusuk dengan nilai 0,01132 Pa.



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Penurunan Tekanan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90 derajat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari analisa perpindahan panas pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90° bahwa aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang cukup baik dengan menambahkan rusuk. Yang di perolehnya dari hasil kecepatan dengan kecepatan aliran udara masuk di peroleh perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 0,2831 kW atau 283,1 watt dan koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 20,0248 W/m²,K.
2. Dengan penambahan rusuk berlubang V 90° *pressure drop* yang terjadi sangat rendah dibandingkan tanpa rusuk. Nilai *pressure drop* maksimum yang terjadi pada rusuk berlubang V 90 derajat sebesar 0,01146 Pa
3. Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap perpindahan panas konveksi tanpa rusuk dan dengan rusuk terlihat tanpa rusuk perpindahan panas konveksi tertinggi denga nilai 0,377 kW atau 377 Watt, Sedangkan dengan menggunakan rusuk V 90° perpindahan panas konveksi dengan nilai tertinggi 0,382 kW atau 382 Watt jika dibandingkan dari ketiga variabel tersebut maka perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada variabel tanpa rusuk dengan nilai 0,071 kW atau 71 Watt dan tertinggi terdapat pada variabel menggunakan rusuk V 90° dengan nilai 0,382 kW atau 382 Watt. Nilai bilangan Nusselt tertinggi yang terjadi pada rusuk berlubang V 90° sebesar 140,4549. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk V 90° dan rusuk berlubang V 90° maka bilangan nusselt tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk V 90° dengan nilai 199,136

sedangkan bilangan nusselt terendah terdapat pada variabel menggunakan rusuk berlubang V 90° dengan nilai 34,8586. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk berlubang V 90° nilai terendah yaitu 4,9492 W/m²,K dan tertinggi sebesar 20,0248 W/m².K. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk V 90° dan rusuk berlubang V 90° maka koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk berlubang V 90° dengan nilai 20,0248 W/m².K sedangkan koefisien perpindahan panas konveksi terendah terdapat pada variabel tanpa rusuk dengan nilai 4,887 W/m².K. Penurunan tekanan yang terjadi dengan menggunakan rusuk berlubang V 90° mendapatkan nilai tertinggi 0,01146 Pa dan nilai terendah 0,01141 Pa dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penambahan variabel rusuk berlubang V 90° mengurnagi pressure dropnya yang terjadi pada saat tanpa rusuk. Jika dibandingkan dengan variabel tanpa rusuk, dengan rusuk V 90° dan rusuk berlubang V 90° maka penurunan tekanan tertinggi berada pada variabel menggunakan rusuk berlubang V 90° dengan nilai 0,01146 Pa sedangkan penurunan tekanan terendah terdapat pada variabel dengan rusuk dengan nilai 0,01132 Pa.

5.2 Saran

Saran yang dapat dikutip dari penelitian ini sebagai berikut :

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

- Ahn, S.W., Kang, A.H., Putra, A.B.K., Lee, D.H., 2007, "An Experimental Investigation of Heat Transfer and Friction in a Ribbed Square Channel", *Journal Process Mechanical Engineering*, Vol. 221 Part E
- Bilen K., Akyol, U., and Yapici, S., 2002, "Thermal Performance Analysis of a Tube Finned Surface", *International Journal of Energy Research*, Vol. 26, pp. 321-333.
- E. Lee, L.M. Wright, J.C. Han, "Heat transfer in rotating rectangular channels (AR=4:1) with V-shaped and angled rib turbulators with and without gaps", *ASME Paper*, (2003) pp. GT2003-38900.
- Holman, J.P., 2010, *Perpindahan Kalor*, Jakarta, Erlangga
<https://www.scribd.com/document/363742967/Defenisi-Aliran-Laminer-DanTurbulen>
- 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.C. Han, J.S. Park, C.K. Lei, "Heat transfer enhancement in channels with turbulence promoters", *ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 107 (1985) pp. 628–635.
- M. Maurer, J. von Wolfersdorf, M. Gritsch, "An Experimental and Numerical Study of Heat Transfer and Pressure Losses of V- and W-Shaped Ribs at High Reynolds Numbers", *ASME Paper*, (2007) pp. GT2007-27167.
- Sahin B., and Demir A., 2008, "Performance analysis of a heat exchanger having perforated square fins", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 28, pp. 621–632.
- V. SriHarsha, S. V. Prabhu, R. P. Vedula, "Influence of rib height on the local heat transfer distribution and pressure drop in a square channel with 90° continuous and 60° V-broken ribs", *Applied Thermal Engineering*, 29 (2009) pp. 2444–2459.

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Data Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Derajat

Nama : Ahmad Husein
 NPM : 1707230092

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

| No | Hari/Tanggal | Kegiatan | Paraf |
|----|------------------------------|----------------------------|-------|
| | Selasa 22/Agustus | Perbaiki Spesifikasi Tugas | h |
| | Kamis 24 Agustus | Perbaiki Pendahuluan | h |
| | Selasa 29 Agustus | Perbaiki Tujuan | h |
| | Jumat 1 September | Perbaiki Tujuan Pustaka | h |
| | Selasa 3 September | Perbaiki Material | h |
| | Rabu 4 September | Perbaiki Daftar Pustaka | h |
| | Jumat 8 September | Acc Seminar Proposal | h |
| | Kamis 21 September | Perbaiki hasil pengujian | h |
| | Sabtu 23 September | Perbaiki kesimpulan | h |
| | Selasa 26 September | Acc, seminar hys: | h |
| | Kamis 22 21 Maret | Acc, sudang | h |

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

Nama : Ahmad Husein
NPM : 1707230092
Judul Tugas Akhir : Analisa Data Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Drajat

Dosen Pembanding - I : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

- Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*What pada bagian support & lanes
di revisi*

- 3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan, 27 Sya'ban 1445 H
08 Maret 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- 1



M. Yani, ST, MT

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

Nama : Ahmad Husein
NPM : 1707230092
Judul Tugas Akhir : Analisa Data Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Drajal

Dosen Pembanding - I : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

- Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lihat pada bagian smpat y. lemas
di revisi*

- 3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

Medan, 27 Sya'ban 1445 H
08 Maret 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



M. Yani, ST, MT

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Ahmad Husein

NPM : 1707230092

Judul Tugas Akhir : Analisa Data Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk Berlubang V 90 Drajat

| DAFTAR HADIR | | TANDA TANGAN | |
|---|------------|--|----------------------------|
| Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT | | :..... <i>Khairul Umurani</i> | |
| Pembanding – I : M. Yani, ST, MT | | :..... <i>M. Yani</i> | |
| Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT | | :..... <i>Ahmad Marabdi Siregar</i> | |
| No | NPM | Nama Mahasiswa | Tanda Tangan |
| 1 | 2007230116 | HARDIANISYAH | <i>Hardianisyah</i> |
| 2 | 2007230102 | M. Dimp Bakki | <i>M. Dimp Bakki</i> |
| 3 | 1707230011 | NANDA AINUN NIZWARM | <i>Nanda Ainun Nizwarm</i> |
| 4 | 1707230002 | Rianchi Damanib | <i>Rianchi Damanib</i> |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

Medan, 27 Sya'ban 1445 H
08 Maret 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar

Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Ahmad Husein Batubara
Tempat, Tanggal Lahir : Sipolu – Polu, 15 Desember 1997
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Agama :Islam
Alamat : Jl. Bermula Lk VI Sipolu Polu Kec. Panyabungan
Nomor Telepon : 082165620278
E-mail : amadahmad91090@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

| | |
|---|-------------|
| SD Negeri 142594 | 2004 – 2010 |
| SMP Negeri 1 Panyabungan | 2011 – 2014 |
| SMK Negeri 2 Panyabungan | 2014 – 2017 |
| Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | 2017 - 2023 |