

TUGAS AKHIR

ANALISA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN RUSUK V 90 DERAJAT

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD WALDI
1607230180



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Walid
NPM : 1607230180
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan
Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V
90 Derajat
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2023

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Penguji I



Chandra A Siregar, ST.,MT

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, ST.,MT

Dosen Pembimbing



Khairul Umurani, ST.,MT

Program Studi Teknik Mesin

Ketua



Chandra A Siregar, ST.,MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Walidi
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 14 Mei 1998
NPM : 1607230180
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 Segiempat Dengan Rusuk 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, Mei 2023

Saya yang menyatakan,



Muhammad Walidi

ABSTRAK

Perpindahan panas merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem teknologi pada masyarakat modern saat ini dan dalam beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan yang sangat signifikan, dikarenakan energi yang dibutuhkan semakin meningkat sehingga hampir semua proses industri melibatkan perpindahan panas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V 90 derajat. Pada penelitian ini menggunakan saluran segiempat dengan diameter saluran panjang 2440 mm, lebar 240 mm, dan tinggi 152 mm. Spesifikasi dimensi bagian dalam saluran segiempat panjang 700 mm, lebar 216 mm dan tinggi 128 mm. Material yang digunakan pada rusuk V 90 derajat menggunakan alumunium yang memiliki tebal rusuk 10 mm. Dari hasil percobaan diperoleh perpindahan panas yang baik adalah dengan menggunakan rusuk V 90 derajat. Pengujian yang divariasikan dalam penelitian adalah 1.262 m/s, 2.276 m/s, 3.690 m/s, 4.856 m/s, 6.009 m/s. Pada percobaan dengan kecepatan udara 6.009 m/s diperoleh konveksi perpindahan panas sebesar 382,207731 W, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,8264916 w/m².K, pressure drop tertinggi sebesar 0,01144 Pa. Sehingga dari hasil percobaan tersebut rusuk V 90 derajat efektif dijadikan rusuk.

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

ABSTRACT

Heat transfer is one of the most important parts of the technological system in today modern society and in recent years has experienced a very significant increase, because the energy required is increasing so that almost all industrial processes involve heat transfer. This study aims to analyze the heat transfer and pressure drop in the rectangular channel with the addition of 90 degree V ribs. In this study using a rectangular canal with diameter of 2440 mm long, 240 mm wide and 152 mm high. The dimensions of the inside of the rectangular channel are 700 mm long, 216 mm wide, and 128 mm high. The material used for the 90 degree V ribs uses aluminum which has a rib thickness of 10 mm. From the experimental results, good heat transfer is obtained by using a 90 degree V ribs. The tests varied in the study were 1,262 m/s, 2,276 m/s, 3,690 m/s, 4,856 m/s, 6,009 m/s. In the experiment with an air speed of 6.009 m/s, a convection heat transfer of 382,207731 W, was obtained, the highest convection heat transfer coefficient was 19,8264916 w/m².K, the highest pressure drop was 0,01144 Pa. So that from the results of the experiment the 90 degree V rib is effectively used as a rib.

Key words : Reynolds number, Nusselt number, rectangular channel, rib, Velocity

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 Segiempat Dengan Rusuk 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 laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan 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. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dari awal kuliah hingga sekarang.
6. Orang tua penulis: Ayahanda Suwarno dan Ibunda Yati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis serta telah banyak memberikan dorongan moral, doa dan kasih sayangnya kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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, Mei 2023
Penulis

Muhammad Walidi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.1.1. Perpindahan Panas Konduksi	4
2.1.2. Perpindahan Panas Konveksi	5
2.1.3. Perpindahan Panas Radiasi	6
2.2. Konduktivitas Termal	7
2.3. Parameter Tanpa Dimensi	8
2.3.1. Bilangan Reynolds (Re)	8
2.3.2. Bilangan Nusselt (Nusselt Number)	8
2.4. Saluran Udara	9
2.4.1. Saluran bulat	9
2.4.2. Saluran Segiempat	9
2.5. Aplikasih rusuk	10
2.6. Rusuk	11
BAB 3 METODOLOGI	
3.1 Tempat dan Waktu	13
3.1.1. Tempat Penelitian	13
3.1.2. Waktu Penelitian	13
3.2 Bahan dan Alat	14
3.2.1. Bahan Penelitian	14
3.2.2. Alat Penelitian	16
3.2.3. Alat yang akan diuji	21
3.3 Bagan Alir Penelitian	22
3.4 Rancangan Alat Penelitian	23
3.5 Prosedur Penelitian	24

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian	26
4.2 Perhitungan Data	26
4.3 Analisa Data	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan	7
Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	13

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 (J.P Holman, 2010)	11
Gambar 2.5 Rusuk tipe V	11
Gambar 2.6 Konseptual di dalam dinding yang diperkeras tulang rusuk yang disebabkan oleh sudut miring dan rusuk berbentuk V	12
Gambar 3.1 Plat alumunium	14
Gambar 3.2 Mesin milling	14
Gambar 3.3 Milling cutter	15
Gambar 3.4 Gerindra tangan	15
Gambar 3.5 Saluran udara segiempat	16
Gambar 3.6 Blower	16
Gambar 3.7 Pemanas Listrik (<i>Electric Heater</i>)	17
Gambar 3.8 Pelurus Aliran Udara (<i>Flow Straightener</i>)	17
Gambar 3.9 Manometer tipe U	18
Gambar 3.10 Termokopel tipe T	18
Gambar 3.11 <i>Thermocouple degital</i>	19
Gambar 3.12 Dimmer	19
Gambar 3.13 <i>Anemometer</i>	20
Gambar 3.14 <i>Speed controler</i>	20
Gambar 3.15 <i>Volmter</i> digital	20
Gambar 3.16 Amperemeter	21
Gambar 3.17 Skema rusuk V	21
Gambar 3.18 Bagan Alir	22
Gambar 3.19 Skema saluran segiempat	23
Gambar 3.20 Bagian – bagian komponen saluran segiempat	23
Gambar 3.21 Rusukk V	24
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)	32
Gambar 4.2 Grafik pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi $W / m^2 .k$	32
Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt	33
Gambar 4.4 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Pressure drop (Pa)	34

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)
p	= 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 Prandtl	
Re	= Duct bilangan Reynold	
Nu	= Duct Nusselt number	

BAB I 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. 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 $W_b = 240 \text{ mm} \times H = 152 \text{ mm}$, $L = 2440 \text{ mm}$. 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 berfungsi sebagai turbulator. Saluran berpenampang ini berfungsi untuk memindahkan kalor dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk sebagai turbulator akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran. Telah banyak dilakukan penelitian tentang 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 sering digunakan dalam peralatan penukar panas yang bertujuan untuk meningkatkan perpindahan panas antara permukaan utama dan fluida disekitarnya. Berbagai tipe rusuk 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 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 berbentuk V memberikan panas yang lebih tinggi. Salah satu tipe rusuk alat penukar panas yang digunakan adalah rusuk V dengan sudut 90^0 . Rusuk 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 tersebut.

Laju perpindahan panas pada rusuk 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 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 penambahan rusuk V 90^0 . Dimana penelitian ini menggunakan media rusuk V 90^0 dan akan dibandingkan dengan media tanpa menggunakan rusuk pada perpindahan panas dan penurunan tekanan dimensi plat datar panjang 700 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk V 10 mm dengan sudut 90^0 . Penelitian bertujuan untuk menganalisa laju perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk 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 menganalisa perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V 90 derajat.

1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Material rusuk V dengan sudut 90° dan plat datar (*base plate*) yang digunakan adalah besi.
2. Pengujian dengan media rusuk V 90° dan di bandingkan tanpa media rusuk.
3. Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu.
4. Dimensi plat datar yang digunakan adalah : panjang 700 mm, lebar 150 mm dan tebal rusuk V 10 mm.
5. Penelitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menganalisa perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V 90° derajat yang dialiri fluida udara.
2. Untuk mengetahui penurunan tekanan pada rusuk V 90° derajat.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V 90° derajat .
2. Dengan alat ini dapat memprediksi perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat rusuk V 90° derajat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

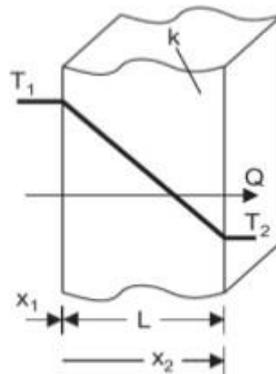
2.1 Tinjauan pustaka

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 perekayasaannya 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 :

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

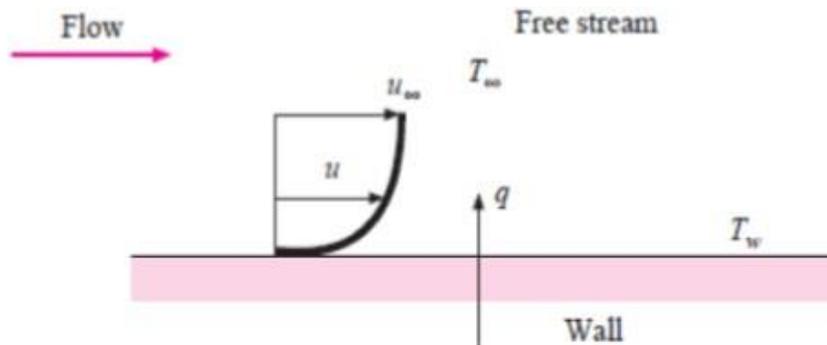


Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi

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.

$$q = h.A(T_w.T_\infty) \quad (2.2)$$

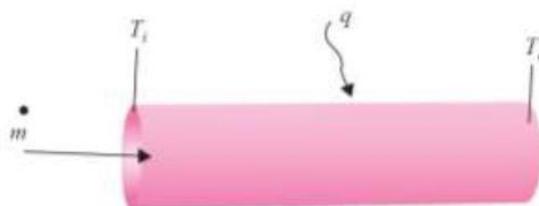


Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi

2.1.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi 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 bahna 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

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

(J.P Holman, 2010)

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.

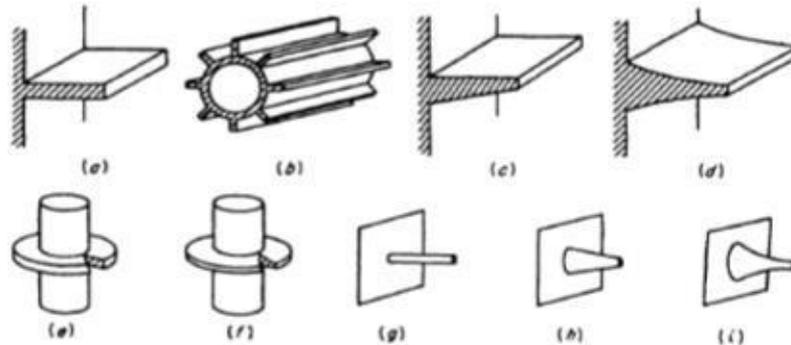
Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019) melakukan penelitian udara diambil pada suhu kamar dari laboratorium dengan blower sentrifugal 1100W pada 2800 rpm yang terletak di ujung hilir, kemudian masuk ke bagian saluran masuk dari saluran persegi panjang. Saluran tersebut memiliki panjang 3 m dan dibagi 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 Aplikasih 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 secara konveksi dari air foils turbin gas (Istanto, Rokhadi.2011). Rusuk atau sirip sering digunakan pada alat penukar kalor untuk meningkatkan luasan perpindahan panas antara 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, 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

Rusuk atau Sirip berfungsi untuk mempercepat laju perpindahan panas dengan cara memperluas permukaan benda. Ketika suatu benda mengalami perpindahan panas secara konveksi, maka laju perpindahan panas dari benda tersebut dapat dipercepat dengan cara memasang rusuk atau sirip sehingga luas permukaan benda semakin luas dan pendinginannya semakin cepat. Menurut Naphon P. & Sookkasem A. (2007) menyatakan bahwa konduktivitas termal bahan rusuk atau sirip sangat mempengaruhi distribusi suhu sepanjang rusuk atau sirip dan oleh karena itu mempengaruhi efektifitas peningkatan laju perpindahan panas. Sirip memperbesar perpindahan panas dari suatu permukaan dengan menciptakan luas permukaan konveksi yang lebih besar.

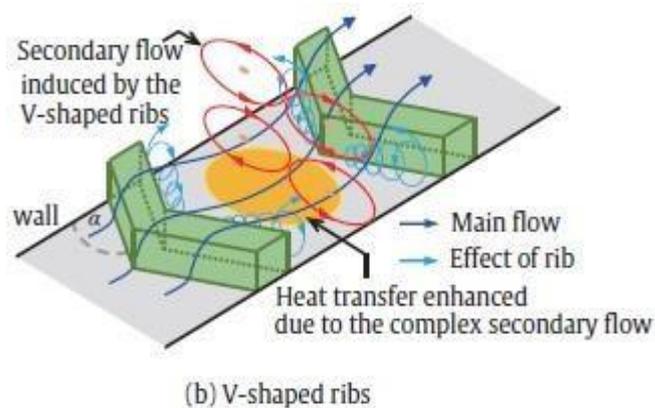


Gambar 2.5 Rusuk tipe V

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 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 V pada rasio tinggi 10 menggunakan termokopel teknik untuk mengukur suhu dinding. Mereka menunjukkan itu kecepatan perpindahan panas untuk tulang rusuk 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 berbentuk V dan W untuk rasio tinggi tulang rusuk yang berbeda. Mereka menemukan bahwa termal kinerja rusuk berbentuk V lebih baik dari rusuk berbentuk M. dengan rasio aspek tinggi 10.



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

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dilakukannya penelitian “Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk 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 kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi litelatur						
3	Penyediaan alat dan bahan						
4	Penulisan proposal BAB 1 s/d BAB 3						
5	Seminar Proposal						
6	Perancangan desain saluran segiempat						
7	Menganalisa perpindahan panas saluran udara segiempat dengan rusuk V 90 derajat						
8	Penulisan laporan akhir						
9	Seminar Hasil dan Sidang						

3.2 Bahan dan alat yang digunakan

3.2.1 Bahan Penelitian

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

1. Plat alumunium

Plat alumunium digunakan untuk membuat rusuk V Tebal 10 mm x panjang 700 mm dan lebar 150 mm (Seperti pada gambar 3.1).



Gambar 3.1 Plat alumunium

2. Mesin milling

Mesin milling digunakan untuk membuat rusuk V dengan menggunakan plat alumunium, untuk bahan yang akan di uji.



Gambar 3.2 Mesin milling

3. Milling cutter

Milling cutter digunakan untuk mengikis dan meotong plat alumunium, yang akan dibuat rusuk V. (Seperti pada gambar 3.3)



Gambar 3.3 Milling cutter

4. Gerindra tangan

Gerinda tangan digunakan untuk memotong plat aluminuin menjadi ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.4 Gerindra tangan

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Saluran udara segiempat

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



Gambar 3.5 Saluran udara segiempat

2. Blower

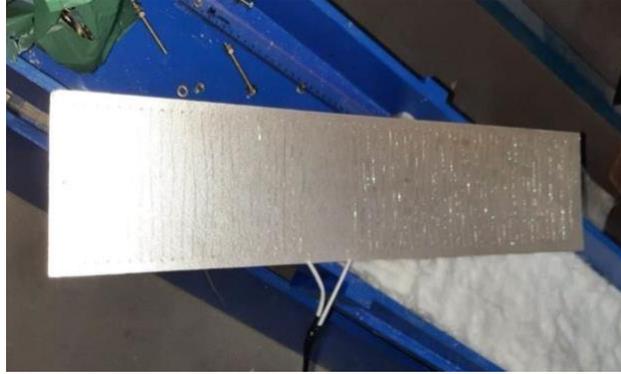
Blower merupakan modifikasi sedemikian rupa dari *blower*, prinsipnya adalah memanfaatkan sisi *suction blower* sehingga udara yang mengalir dalam saluran segiempat adalah udara yang dihisap oleh *blower*. Spesifikasi Tipe *centrifugal air blower 3 in*, daya 370 Watt, Tegangan, 220 V Putaran, 800 rpm,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

6. Termokopel tipe T

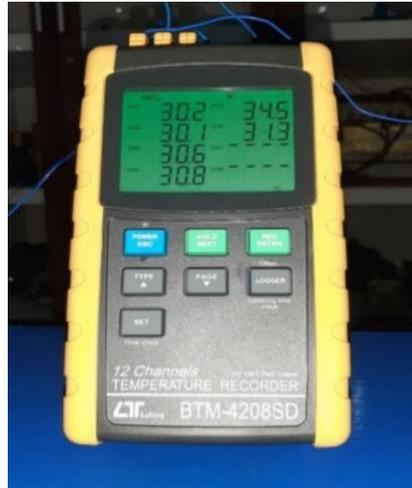
Termokopel tipe T yang dipasang di tiap titik pengukuran berbeda yaitu untuk mengukur temperatur udara masuk sebelum melewati seksi uji, mengukur temperatur udara keluar seksi uji, dan untuk mengukur temperatur permukaan base plate. (Seperti pada gambar 3.10).



Gambar 3.10 Termokopel tipe T

7. *Thermocouple digital*

Alat ini digunakan untuk menunjukkan nilai 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

Speed controler 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 Voltmeter digital

12. Amperemeter

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



Gambar 3.16 Amperemeter

3.2.3 Alat yang akan diuji

Pada penelitian ini akan menganalisis kekasaran permukaan alumunium alloy rusuk V pada saluran segiempat . Dimana penelitian ini untuk mempercepat laju perpindahan panas dengan cara memperluas permukaan benda . Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 700 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk V 10 mm. Rusuk berbentuk V memberikan peningkatan perpindahan panas 7% lebih tinggi, Akan tetapi penurunan tekanan untuk rusuk berbentuk V adalah 19%. Kinerja hidraulik termal rusuk berbentuk V 45° memiliki kinerja yang jauh lebih baik.

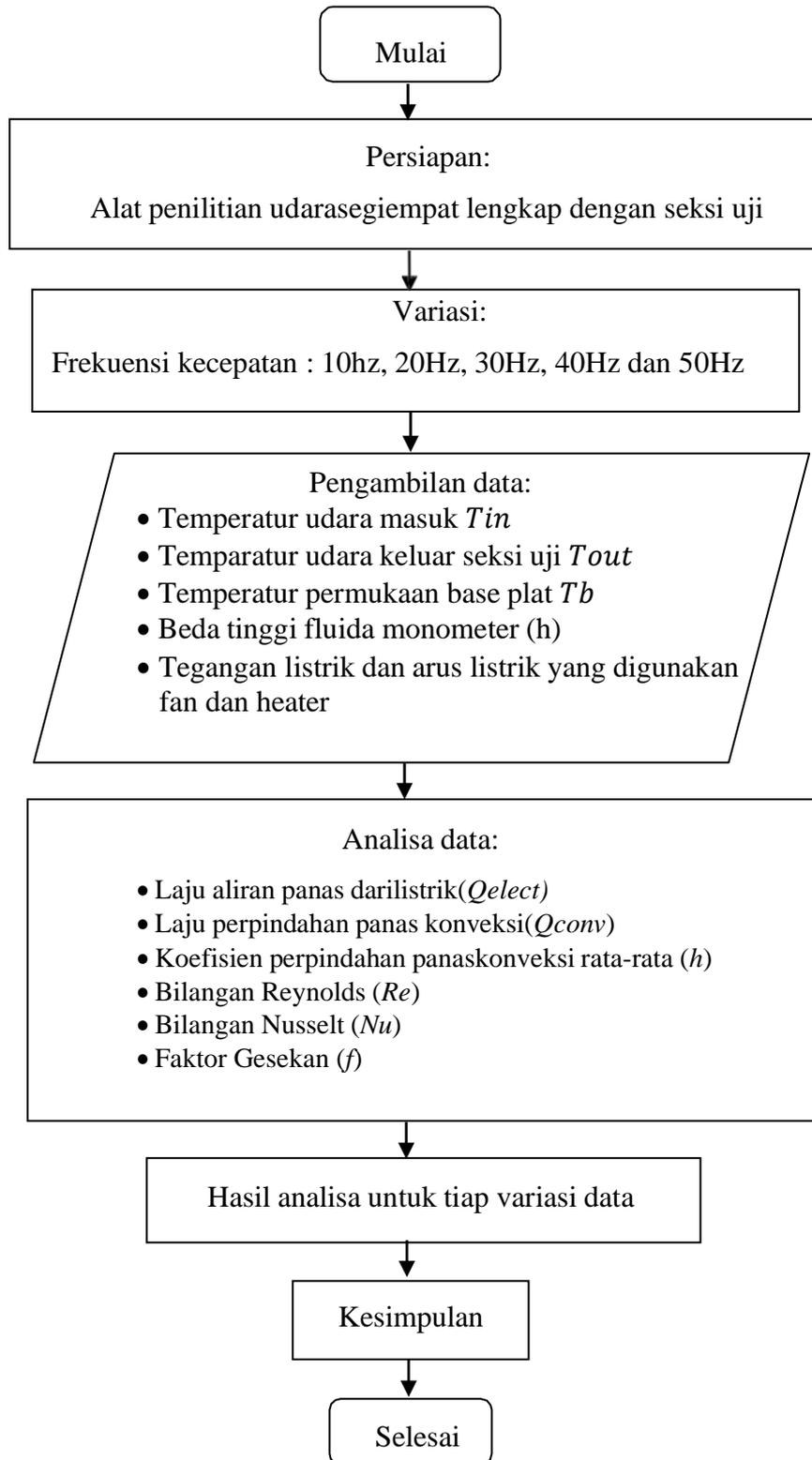
(Seperti pada gambar 3.17).



Gambar 3.17 Skema Rusuk V

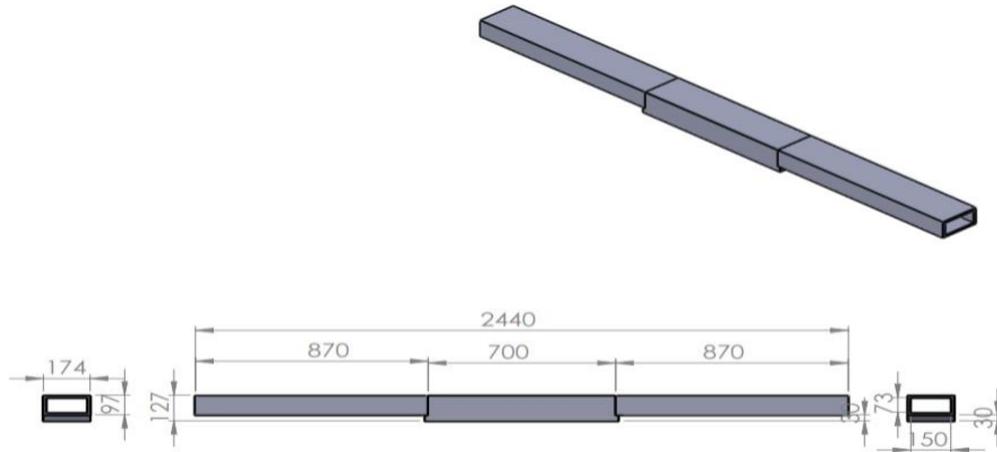
3.3 Bagan Alir

Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut :

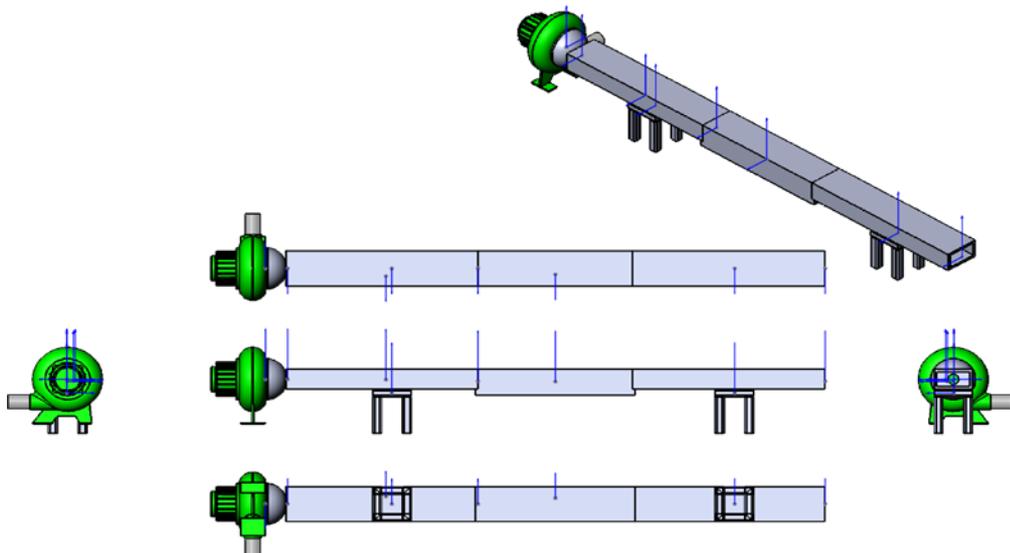
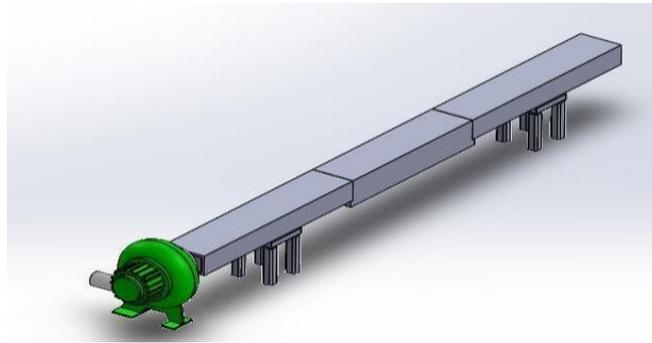


Gambar 3.18 Bagan Alir

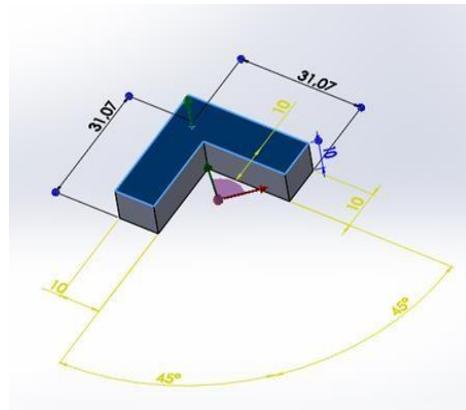
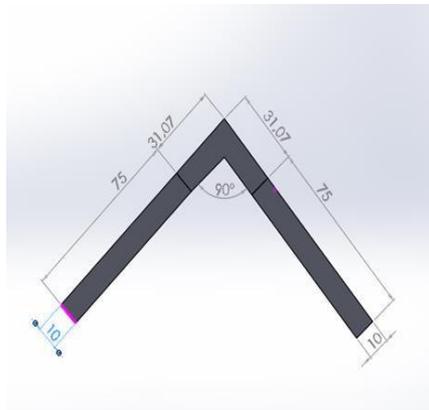
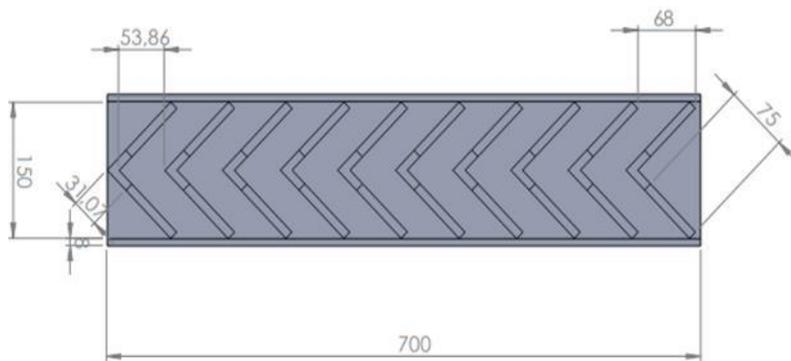
3.4 Rancangan alat penelitian



Gambar 3.19 Skema saluran segiempat



Gambar 3.20 Saluran Udara Segiempat



Gambar 3.21 Skema Rusukk V

3.5 Bagian-bagian alat penelitian:

1. Blower
2. Saluran udara segiempat
3. Thermocouple digital
4. Rumah heater
5. Monometer U
6. dimmer
7. Voltmeter
8. Ampermeter digital
9. Speed controller
10. Anemometer
11. Thermostat
12. Rusuk V 90°

3.6 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah Prosedur percobaan sebagai berikut:

1. Memasang spesimen rusuk V kedalam saluran udara
2. Menghubungkan semua termokopel dengan thermocouple digital
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 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 dengan volmetter
9. Mematikan heater setelah selesai mengambil data
10. Mematikan fan
11. Mengulangi langkah percobaan 1-10 untuk variasi kecepatan udara lain
12. Mengulangi langkah percobaan 1-11 dengan mengganti spesimen untuk variasi jumlah rusuk V yang lain
13. Mematikan 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 V 90° 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 V 90° dalam arah aliran udara yaitu sebesar 68 mm 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 rusuk V 90° pada alat perpindahan panas saluran segiempat telah diperoleh data hasil pengamatan temperatur udara masuk seksi uji, temperatur udara keluar seksi uji, temperatur plat dasar, penurunan tekanan, kecepatan aliran udara masuk serta tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke heater dan fan hisap saat pengujian pada kondisi tunak, selengkapnya tercantum dalam lampiran.

4.2 Perhitungan Data

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

Panjang saluran (L)	:2440 mm =2,44 m
Lebar saluran (Wb)	:240 mm = 0,24 m
Tinggi saluran (H)	:152 mm = 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
 Ketinggian fluida Monometer (h) : 1 mm

1. Perhitungan Data dengan Rusuk V 90°.

Berikut akan dibahas cara menghitung data untuk variasi kecepatan aliran udara. Contoh perhitungan pada kecepatan aliran udara 6,009 m/s

Tabel 4.1. Data Hasil pengujian dengan rusuk V 90°

Velocity m/s	T in (°C)	T out (°C)	ΔT (°C)	Tf (°C)	Preasure Drop (Pa)
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

$T_{in \text{ Rata-rata}}$ = 32,4°C = (32,4+273) = 305,4°K

$T_{Out \text{ Rata-rata}}$ = 33,9°C = (33,9+273) = 306,9°K

• Temperature *Rata-rata*

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

$$= \frac{(305,4 + 306,9)^\circ K}{2}$$

$$= 306,15^\circ K$$

Tabel 4.1 Appendix A-5 properties air atmospheric pressure

Fluida property	Temperature Udara 306,15 °K
$\rho(Kg / m^3)$	1,1553338
$C_p (J/Kg.K)$	1,0061059
$\mu(Kg / m.s)$	1,8743424
$\kappa(W / m .^\circ C)$	0,02670617
<i>Pr</i>	0,706647

- Luas penampang saluran udara

$$A_t = H \cdot W_b$$

$$= 0,152 \text{ m} \times 0,24 \text{ m}$$

$$= 0,03648 \text{ m}^2$$

- Diameter saluran udara

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

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

$$= 0,2682 \text{ m}$$

- Laju aliran masa udara

$$m = \rho \cdot A \cdot V$$

$$= 1,1553338 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 0,036 \text{ m} \times 6,009 \text{ m} / \text{s}$$

$$= 0,2532 \text{ Kg} / \text{s}$$

- Perpindahan panas konveksi

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

$$= 0,253258 \text{ Kg} / \text{s} \times 1,0061059 \text{ J} / \text{Kg} \cdot \text{K} \times (305,4^\circ \text{K} - 306,9^\circ \text{K})$$

$$= 0,382207731 \text{ KW} = 382,207731 \text{ W}$$

- Bilangan Reynold

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

$$= \frac{1,155338 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 6,009 \text{ m} / \text{s} \times 0,186 \text{ m}}{1,8743424 \times 10^{-5} \text{ Kg} / \text{m} \cdot \text{s}}$$

$$= 99352,01389$$

- Bilangan Nusselt

Untuk aliran turbulenta, perhitungan Nu menggunakan korelasi Dittus-Boelter

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

$$= 0,023 (99352,01389)^{0,8} \times (0,70647)^{0,4}$$

$$= 199,1361854$$

- Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran udara segiempat dengan rusuk V dengan 90°

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

$$= \frac{199,1361854 \times 0,02670617}{0,268235m}$$

$$= 19,8264916 \text{ W / m}^2 \cdot K$$

- Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk V 90°

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

$$= 1,1553338 \text{ Kg / m}^3 \times 9,81 \text{ m / s} \times 0,001 \text{ m}$$

$$= 0,011333 \text{ Pa}$$

- Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk V 90°

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

$$= \left[\left(\frac{2,44 \text{ m}}{0,186 \text{ m}} \right) \left(\frac{0,011333 \text{ Pa}}{1,155333 \text{ Kg / m}^3 \cdot \frac{6,009^2 \text{ m}^2 / \text{s}}{2}} \right) \right]$$

$$= 0,0043249$$

2. Perhitungan data tanpa rusuk

Berikut akan dibahas cara menghitung data untuk variasi kecepatan aliran udara. Contoh perhitungan pada kecepatan aliran udara 4,952 m/s

Tabel 4.3. Data hasil pengujian tanpa rusuk

Velocity m/s	T in (°C)	T out (°C)	ΔT (°C)	Tf (°C)	Preasure Drop (Pa)
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

$$T_{in \text{ Rata-rata}} = 32,5^\circ\text{C} = (32,5 + 273) = 305,5^\circ\text{K}$$

$$T_{Out \text{ Rata-rata}} = 34,3^\circ\text{C} = (34,3 + 273) = 307,3^\circ\text{K}$$

- Temperatur film

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

$$T_f = \frac{(305,5 + 307,3)K}{2}$$

$$T_f = 306,4K$$

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

Fluida property	Temperature udara 304,8 °K
$\rho(Kg / m^3)$	1,1544368
$C_p(J / Kg.K)$	1,0061224
$\mu(Kg / m.s)$	1,8754864
$k(W / m.K)$	0,02672512
Pr	0,706592

- Luas penampang saluran udara

$$A_t = H W_b$$

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

$$= 0,03648 m^2$$

- Diameter saluran udara

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

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

$$= 0,2682m$$

- Laju aliran masa udara

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

$$= 1,1544368Kg / m^3 \times 0,036 \times 4,952 m / s$$

$$= 0,208547 Kg / .s$$

- Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat tanpa rusuk

$$\begin{aligned}
 Q_{conv} &= m \cdot Cp \cdot (T_{out} - T_{in}) \\
 &= 0,208547 \text{ Kg} / \text{s} \times 1,0061224 \text{ J} / \text{Kg} \cdot \text{K} \times (305,5^\circ\text{K} - 307,3^\circ\text{K}) \\
 &= 0,377684 \text{KW} = 377,684 \text{W}
 \end{aligned}$$

- Bilangan Reynold

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho \cdot V \cdot Dh}{\mu} \\
 &= \frac{1,1544368 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 4,952 \text{ m} / \text{s} \times 0,2682 \text{ m}}{1,8754864 \times 10^{-5} \text{ Kg} / \text{m} \cdot \text{s}} \\
 &= 81762,24363
 \end{aligned}$$

- Bilangan Nusselt

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

$$\begin{aligned}
 Nu &= 0,023 Re^{0,8} \times Pr^{0,4} \\
 &= 0,023 (81762,24363)^{0,8} \times (0,706592)^{0,4} \\
 &= 170,38743
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{Nu \times k}{Dh} \\
 &= \frac{170,38743 \times 0,02672512}{0,2682} \\
 &= 16,97623 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}
 \end{aligned}$$

- Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

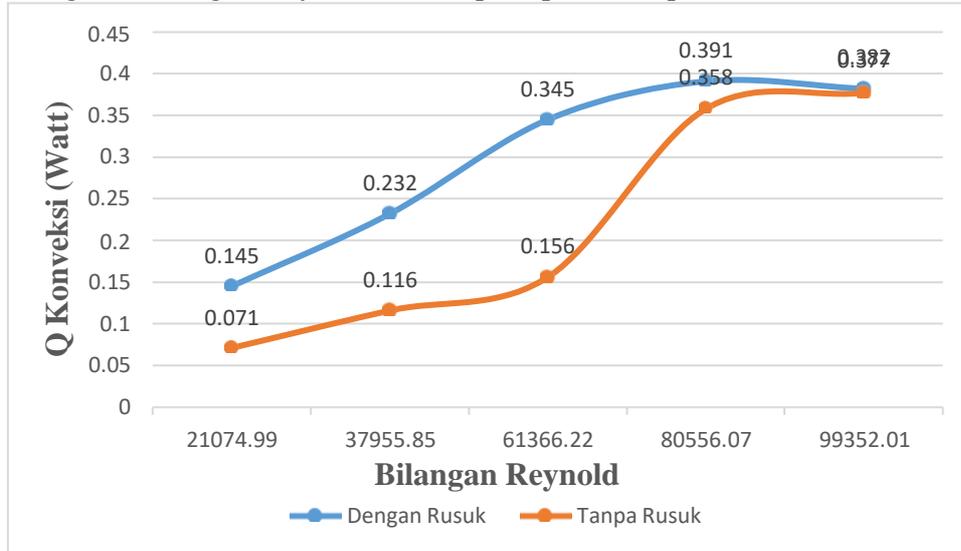
$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho \cdot g \cdot h \\
 \Delta P &= 1,1544368 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s} \times 0,002 \text{ m} \\
 \Delta P &= 0,011325 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

- Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang

$$\begin{aligned}
 f &= \left[\left(\frac{L}{Dh} \right) \left(\frac{\Delta P}{\rho \cdot V^2} \right) \right] \\
 &= \left[\left(\frac{2,44 \text{ m}}{0,2682 \text{ m}} \right) \left(\frac{0,011325 \text{ Pa}}{1,1544368 \text{ Kg} / \text{m}^3 \cdot \frac{4,952^2 \text{ m}^2 / \text{s}^2}{2}} \right) \right] \\
 f &= 0,003558
 \end{aligned}$$

4.3 Analisa Data

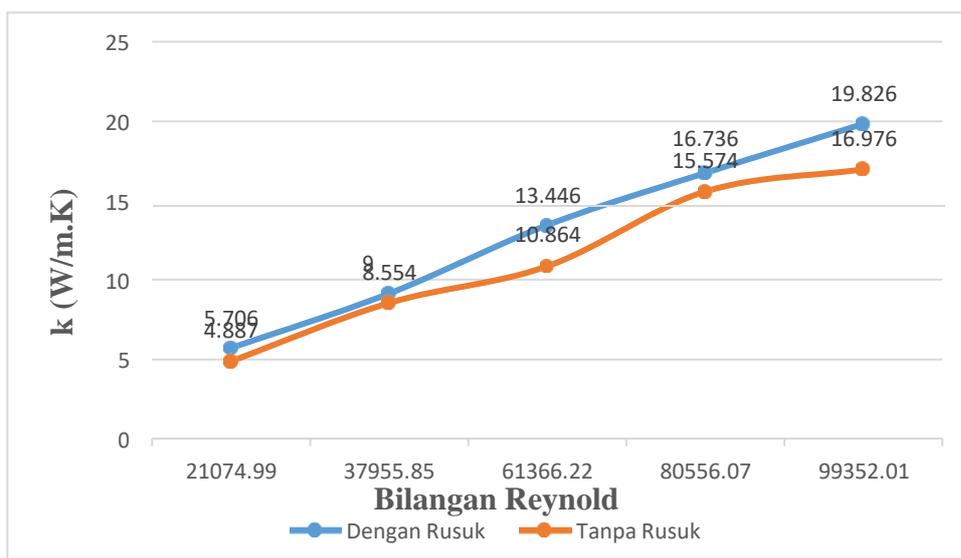
1 Pengaruh bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)



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 V 90° lebih tinggi dibandingkan tanpa rusuk. Nilai tertinggi yang terjadi pada rusuk V 90° sebesar 382,207731 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.

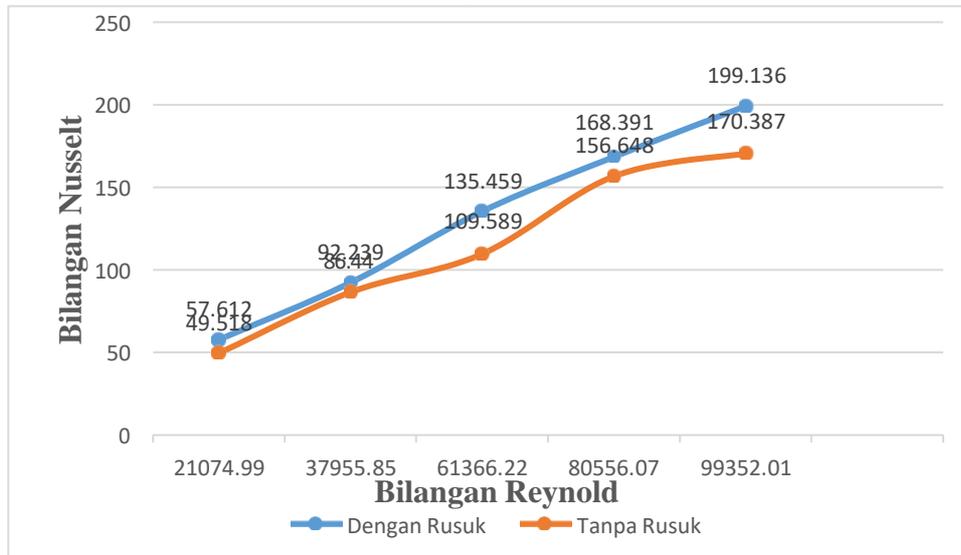
2. Pengaruh bilangan Reynold terhadap koefisien Perpindahan panas konveksi



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 kofisien 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 V 90° sebesar 19,826491 W/m²,K Semakin besar nilai koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata, maka semakin besar laju perpindahan panas konveksi yang terjadi.

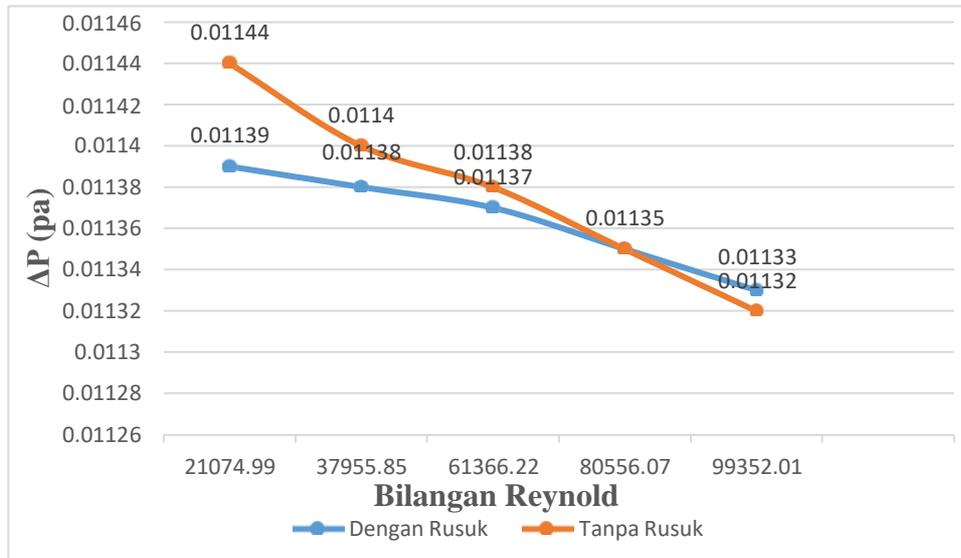
3. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Nusselt



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 rusuk V 90° sebesar 199,1361854 . 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 $V 90^\circ$. Dapat dijelaskan bahwa penambahan jumlah rusuk $V 90^\circ$ mengurnagi pressure dropnya yang terjadi pada saat tanpa rusuk. Nilai pressure drop maksimum terjadi pada saluran tanpa rusuk sebesar 0,011441 Pa.

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 V 90° disimpulkan 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 382,207731 watt, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,826491 W/m²,K.
2. Dengan penambahan rusuk V 90° *pressure drop* yang terjadi sangat rendah dibandingkan tanpa rusuk. Nilai *pressure drop* maksimum yang terjadi pada rusuk V 90° sebesar 0,01139 Pa, sedangkan tanpa rusuk nilai maksimum *preassure drop* adalah 0,01144 Pa.

5.2 Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- 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 of 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-Dan-Turbulen>
- 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.
- Kaewchoothong N., Maliwan K., Nuntadusit C., Kenichiro T., 2017, "Effect of Inclined Ribs on Heat Transfer Coefficient in Stationary Square Channel", *Theoretical & Applied Mechanics*, Vol. 6, pp. 1-8.
- Naphon P., and Sookkasem A., 2007, "Investigation on Heat Transfer Characteristics of Tapered Cylinder Pin Fin Heat Sinks", *Energy Conversion and Management*, Vol. 48, pp. 2671–2679.
- 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.
- K. Umurani; Arya Rudi Nasution; Material, J. R., Energi, M., Dengan, S., &

- Derajat, R. V. (2021). *Ft-Umsu Ft-Umsu*. 4(1), 37–46
- Sahin B., and Demir A., 2008, “Performance analysis of a heat exchanger having perforated square fins”, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 28, pp. 621–632.
- M. Maurer, J. von Wolfersdorf, M. Gritsch An Experimental and Numerical Study of Heat Transfer and Pressure Losses of V- and WShaped Ribs at High Reynolds Numbers, ASME Paper, (2007) pp. GT2007-27167.
- Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019). Experimental investigations on heat transfer enhancement for a high aspect ratio rectangular duct roughened by intersecting ribs with inclined ribs, *international journal of Energy and environment* Vol. 10 (2) pp. 65–76.
- Umurani, K., Muharnif, M. and Siregar, A. M. (2021) ‘Analisa Numerik Pengaruh Diameter Lubang Berperforasi Rusuk V Terhadap Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan’, *Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil,)*, 2(1), pp. 54–65. Available at: url: <https://ceredindonesia.or.id/index.php/mesil>.
- Walujodjati, A. “Perpindahan panas konveksi paksa.” *Jurnal Ilmiah MOMENTUM* 2.2 (2006).
- 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.
- Umurani. K, M. Muharnif, 2019, Pengaruh diameter ubang pembangkit vorteks wingleet melengkung terhadap unjuk kerja Apk tipe kompak studi eksperimental, *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 84-93, <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3072>

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 V 90°

No	Frekuensi (Hz)	Velocity (m/s)	T in (K)	T out (K)	H (m)	L (m)	Wb (m)	Tf (K)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/Kg.K)	μ (Kg/m.s) x 10 ⁷	k (W/m.K)	Pr
1	10	1,262	303	305,7	0,152	2,44	0,24	304,35	1,1617922	1,0059871	1,8661056	0,02656973	0,707043
2	20	2,276	303,4	305,8	0,152	2,44	0,24	304,6	1,1608952	1,0060036	1,8672496	0,02658868	0,706988
3	30	3,69	304	306,2	0,152	2,44	0,24	305,1	1,1591012	1,0060366	1,8695376	0,02662658	0,706878
4	40	4,856	304,6	306,5	0,152	2,44	0,24	305,55	1,1574866	1,0060663	1,8715968	0,02666069	0,706779
5	50	6,009	305,4	306,9	0,152	2,44	0,24	306,15	1,1553338	1,0061059	1,8743424	0,02670617	0,706647

No	Frekuensi (Hz)	Velocity (m/s)	Luas penampang	Diameter saluran udara (m)	Laju aliran masa udara (Kg/s)	Perpindahan Panas Konveksi (KW)	Bilangan Reynold
1	10	1,262	0,03648	0,268235294	0,05348631	0,145277654	21074,99676
2	20	2,276	0,03648	0,268235294	0,096387364	0,232718484	37955,85855
3	30	3,69	0,03648	0,268235294	0,156028003	0,345333741	61366,22934
4	40	4,856	0,03648	0,268235294	0,20504514	0,39194911	80556,07125
5	50	6,009	0,03648	0,268235294	0,253258781	0,382207731	99352,01389

No	Frekuensi (Hz)	Velocity (m/s)	Bilangan Nusselt	Koefisien perpindahan panas (W/m ² .K)	Penurunan tekanan (Pa)	Faktor gesekan
1	10	1,262	57,61295884	5,706783538	0,011397181	0,000918505
2	20	2,276	92,23923842	9,143165152	0,011388382	0,001653954
3	30	3,69	135,459408	13,44648092	0,011370783	0,002673217
4	40	4,856	168,391402	16,73691369	0,011354944	0,00350813
5	50	6,009	199,1361854	19,82649166	0,011333825	0,004324962

PERHITUNGAN INTERPOLASI DENGAN MEDIA RUSUK V90°

Interpolasi Pengujian 1-5

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
304,35	1,1617922	1,0059871	1,8661056	0,02656973	0,707043
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

Data dari Tabel Appendix A-5 Properties of Air Atmospheric Pressure
(E.R.G Eckert And R. M. Drake, Heat And Mass Transfer, 2nd ed.)

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
304,6	1,1608952	1,0060036	1,8672496	0,02658868	0,706988
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
250	1,4128	1,0053	1,599	0,02227	0,722
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697
400	0,8826	1,014	2,286	0,03365	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	0,03707	0,683
500	0,7048	1,0295	2,671	0,04038	0,68
550	0,6423	1,0392	2,848	0,0436	0,68
600	0,5879	1,5551	3,018	0,04659	0,68
650	0,543	1,0635	3,177	0,04953	0,682
700	0,503	1,0752	3,332	0,0523	0,684
750	0,4709	1,0856	3,841	0,05509	0,686
800	0,4405	1,0978	3,625	0,05779	0,689

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
305,1	1,1591012	1,0060366	1,8695376	0,02662658	0,706878
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
305,55	1,1574866	1,0060663	1,8715968	0,02666069	0,706779
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
306,15	1,1553338	1,0061059	1,8743424	0,02670617	0,706647
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

DATA RATA- RATA PENGUJIAN 15 MENIT TANPA MENGGUNAKAN MEDIA RUSUK

No	Frekuensi (Hz)	Velocity (m/s)	T in (K)	T out (K)	H (m)	L (m)	Wb (m)	Tf (K)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/Kg.K)	μ (Kg/m.s) x 10 ⁷	k (W/m.K)	Pr
1	10	1,037	302,3	303,9	0,152	2,44	0,24	303,1	1,1662772	1,0059046	1,8603856	0,02647498	0,707318
2	20	2,092	303,4	304,7	0,152	2,44	0,24	304,05	1,1628686	1,0059673	1,8647328	0,02654699	0,707109
3	30	2,824	304	305,3	0,152	2,44	0,24	304,65	1,1607158	1,0060069	1,8674784	0,02659247	0,706977
4	40	4,439	304,7	306,6	0,152	2,44	0,24	305,65	1,1571278	1,0060729	1,8720544	0,02666827	0,706757
5	50	4,952	305,5	307,3	0,152	2,44	0,24	306,4	1,1544368	1,0061224	1,8754864	0,02672512	0,706592

No	Frekuensi (Hz)	Velocity (m/s)	Luas penampang	Diameter saluran udara (m)	Laju aliran masa udara (Kg/s)	Perpindahan Panas Konveksi (KW)	Bilangan Reynold
1	10	1,037	0,03648	0,268235294	0,044119987	0,071008796	17437,87234
2	20	2,092	0,03648	0,268235294	0,088745666	0,11605781	34993,8427
3	30	2,824	0,03648	0,268235294	0,119576385	0,156383068	47081,56849
4	40	4,439	0,03648	0,268235294	0,187379166	0,358182492	73597,64692
5	50	4,952	0,03648	0,268235294	0,208547807	0,377684317	81762,24363

No	Frekuensi (Hz)	Velocity (m/s)	Bilangan Nusselt	Koefisien perpindahan panas (W/m ² .K)	Penurunan tekanan (Pa)	Faktor gesekan
1	10	1,037	49,51861796	4,887516479	0,011441179	0,000760584
2	20	2,092	86,4401855	8,554902321	0,011407741	0,001525415
3	30	2,824	109,5899397	10,86459258	0,011386622	0,002051548
4	40	4,439	156,6487836	15,57420723	0,011351424	0,003204888
5	50	4,952	170,3874341	16,97623214	0,011325025	0,003558656

PERHITUNGAN INTERPOLASI TANPA MENGGUNAKAN MEDIA RUSUK

Interpolasi Pengujian 1-5

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
303,1	1,16628	1,0059	1,86039	0,02647	0,70732
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
304,05	1,16287	1,00597	1,86473	0,02655	0,70711
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
304,65	1,16072	1,00601	1,86748	0,02659	0,70698
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

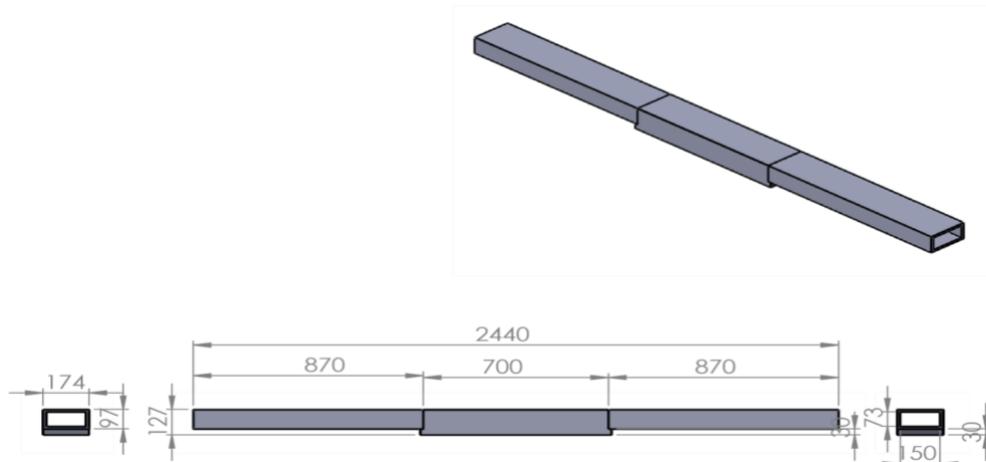
T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
305,65	1,15713	1,00607	1,87205	0,02667	0,70676
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
306,4	1,15444	1,00612	1,87549	0,02673	0,70659
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697

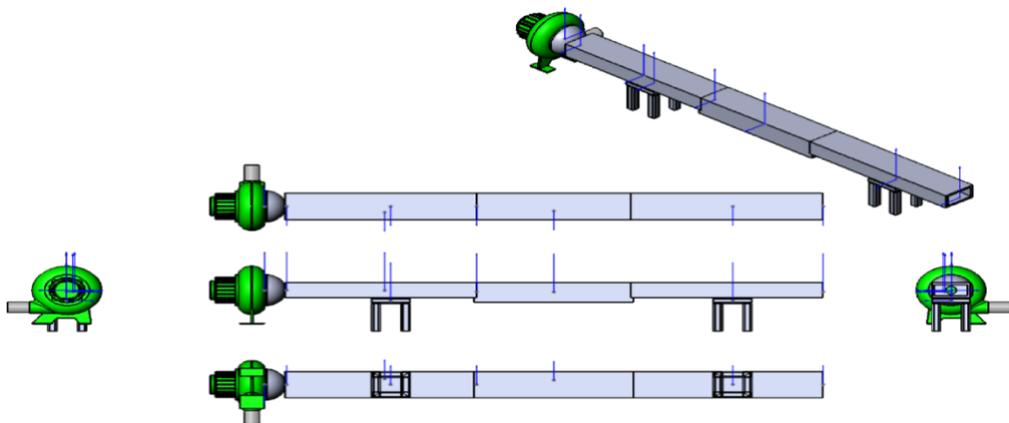
Data dari Tabel Appendix A-5 Properties of Air Atmospheric Pressure
(E.R.G Eckert And R. M. Drake, Heat And Mass Transfer, 2nd ed.)

T.K	ρ kg/m ³	Cp J/kg.K	$\mu \times 10^7$ kg/m.s	k (W/m.K)	Pr
250	1,4128	1,0053	1,599	0,02227	0,722
300	1,1774	1,0057	1,8462	0,02624	0,708
350	0,998	1,009	2,075	0,03003	0,697
400	0,8826	1,014	2,286	0,03365	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	0,03707	0,683
500	0,7048	1,0295	2,671	0,04038	0,68
550	0,6423	1,0392	2,848	0,0436	0,68
600	0,5879	1,5551	3,018	0,04659	0,68
650	0,543	1,0635	3,177	0,04953	0,682
700	0,503	1,0752	3,332	0,0523	0,684
750	0,4709	1,0856	3,841	0,05509	0,686
800	0,4405	1,0978	3,625	0,05779	0,689

SALURAN SEGIEMPAT



BLOWER



THERMOCOUPLE DIGITAL



ELECTRIC HEATER



MONOMETER U



DIMMER



VOLTMETER



AMPREMETER



SPEED CONTROLLER



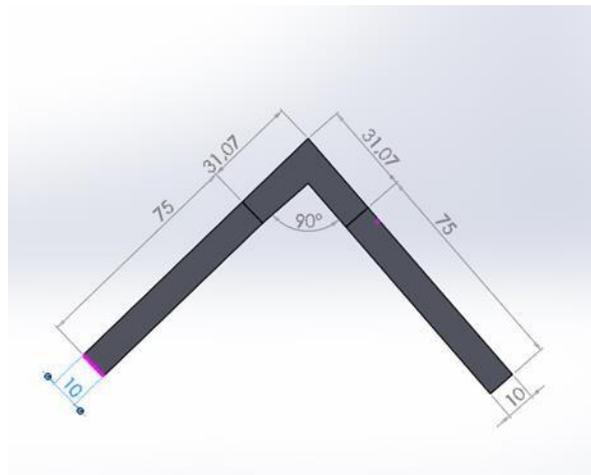
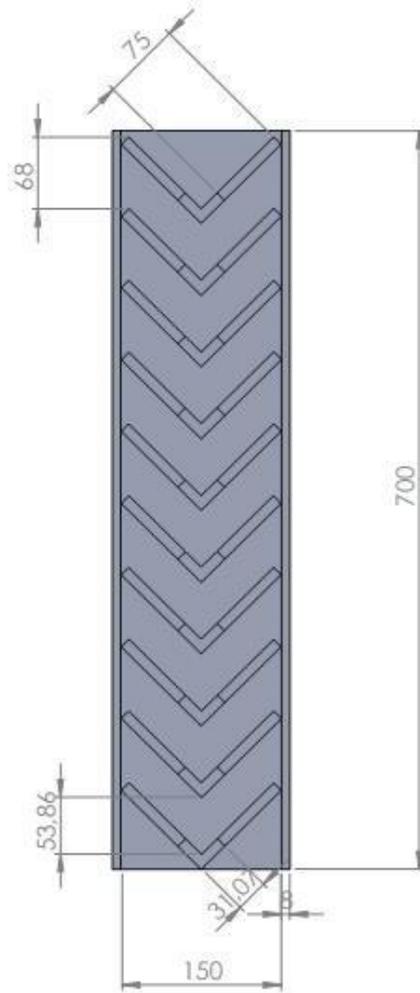
ANEMOMETER



TERMOKOPEL TIPE T



RUSUK V 90°



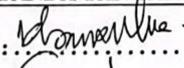
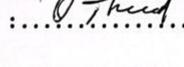
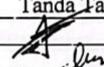
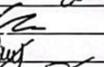
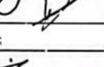
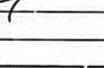
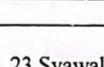
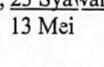
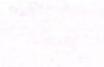
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar

Nama : Muhammad Waldi

NPM : 1607230180

Judul Tugas Akhir : Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk v 90 Derajat

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Khairul Umurani, ST, MT	:	
Pemanding – I	: Chandra A Siregar, ST, MT	:	
Pemanding – II	: Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230100P	Febry Lambang Komotani	
2	1907230040	BANU PRASATIYO	
3	1907230058	M. PESIA ANTON FPI	
4	1907230098	Rizky Wahyuda	
5	1907230099	Muhammad Syahmi Andaru	
6	1907230161	MAHDAN GUNAWAN	
7	1907230173	Roby Alfiah Harahap	
8			
9			
10			

Medan, 23 Syawal 1444 H
13 Mei 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Muhammad Waldi
NPM : 1607230180
Judul Tugas Akhir : Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk v 90 Derajat

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, 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 :

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

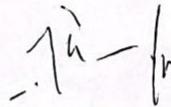
Medan, 23 Syawal 1444 H
13 Mei 2023 M

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 : Muhammad Waldi
NPM : 1607230180
Judul Tugas Akhir : Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk v 90 Derajat

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, 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 :
... *perbaiki, lihat laporan skripsi*
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 23 Syawal 1444 H
13 Mei 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT



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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f umsumedan](#) [i umsumedan](#) [t umsumedan](#) [u umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 153/IL3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 21 Januari 2022 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD WALDI
Npm : 1607230180
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : XI (SEBELAS)
Judul Tugas Akhir : PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN RUSUK V 90°
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, 19 Jumadil Akhir 1443 H
21 Januari 2022 M

Dekan

Munawar Affansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90 Derajat

Nama : Muhammad Walid
NPM : 1607230180

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pemberian spesifikasi tugas	h
		- Pemberian tugas penelitian	h
		- Perbaiki hambatan pustaka	h
		- Lengkapi permasalahan yg digunakan	h
		- Perbaiki metode	h
		- Lengkapi prosedur penelitian	h
		- Acc seminar proposal	h
		- Acc seminar hasil	h

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Walid
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 14 Mei 1998
Alamat : Dusun VI Anggrek Laut Dendang
E-mail : Muhammadwalid14@gmail.com
No. Hp : 0857-6396-9169

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Swasta Swakarya Medan Tahun 2004 – 2010
2. SMP Swasta Pahlawan Medan Tahun 2010 – 2013
3. SMK Negeri 4 Medan Tahun 2013 – 2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016 – 2023