

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN PENAMBAHAN RUSUK V

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

Disusun Oleh:

DEDEK IRWANSYAH

1607230095



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

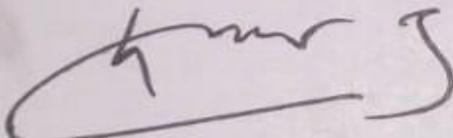
Nama : Dedek Irwansyah
NPM : 1607230095
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk V
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, 14 Februari 2021

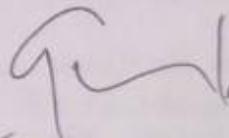
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



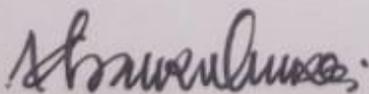
Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji



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

Dosen Penguji



Khairul Umurani, S.T., M.T

Program studi Teknik Mesin
Ketua,



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dedek Irwansyah
Tempat /Tanggal Lahir : Suka Maju / 22 November 1998
NPM : 1607230095
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk V”,

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, 26 Februari 2021

Saya yang menyatakan,



[Handwritten Signature]
Dedek Irwansyah

ABSTRAK

Perpindahan panas merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem teknologi pada masyarakat modern ini. Perpindahan panas merupakan ilmu yang mempelajari perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dimana pada enelitian ini menggunakan saluran segiempat dengan Pengujian pada spesimen jumlah Rusuk V 2 dengan 3 dimensi plat datar yang digunakan adalah : panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal plat 1 mm dan tebal Rusuk V 10 mm. Dengan menggunakan alat saluran udara segiempat yang terdiri dari saluran segiempat berdimensi penampang 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm, fan hisap, pemanas listrik tipe plat, pelurus aliran udara, monometer U, anemometer, ampere meter, volt meter, *speed controler* dan termokopel. Parameter yang divariasikan adalah kecepatan aliran udara yang masuk yaitu sebesar 1 m/s, 2m/s, 3 m/s, 4 m/s, dan 5m/s. Dari hasil percobaan diperoleh perpindahan panas yang paling baik adalah 3 Rusuk V. Pada percobaan dengan kecepatan udara masuk 5 m/s diperoleh koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,317 W/m².K dan bilangan Nusselt sebesar 109,36, penurunan tekanan sebesar 57,16 Pa sehingga 3 rusuk V jauh lebih baik dibandingkan 2 Rusuk V.

Kata Kunci: *Bilangan reynold, Saluran Segiempat, Jumlah 2 dan 3 Rusuk V*

ABSTRACT

Heat transfer is one of the most important parts of the technological system in modern society. Heat transfer is the study of energy transfer in the form of heat that occurs due to differences in temperature between objects or materials. Where in this study using a rectangular channel with testing on the specimen the number of ribs V 2 with 3 dimensions of the flat plate used are: length 200 mm, width 150 mm, and plate thickness 1 mm and thickness V rib 10 mm. By using a rectangular air duct consisting of a rectangular duct with dimensions of 150 mm x 75 mm and a length of 2000 mm, suction fan, plate type electric heater, air flow straightener, U monometer, anemometer, ampere meter, volt meter, speed controller and thermocouple . The parameters that were varied were the incoming air flow velocity, namely 1 m / s, 2m / s, 3 m / s, 4 m / s, and 5m / s. From the experimental results, it was obtained that the best heat transfer was 3 V-ribs. In the experiment with an intake air velocity of 5 m / s, the highest convection heat transfer coefficient was 19.317 W / m².K and the Nusselt number 109.36, the pressure drop was 57, 16 Pa so 3 V ribs are much better than 2 V ribs.

Keywords : Reynold number, Rectangular Channel, Sum of 2 and 3 Rib V

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 “Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk V” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Wakil Dekan III Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I dan sekaligus sebagai Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A. Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Penguji II dan sekaligus sebagai Sekertaris Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin , Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Bapak Suroto dan Ibu Sakinem, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Linda Ratna Sari Riza Fauzi Pratama, Rahmad Husein, Jody Kurniawan, M. Algi Fahri, Muhammad Fachri Galih Eka Dermawan. Dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu

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

Medan, Februari 2021

Dedek Irwanyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Aplikasih Rusuk	5
2.3. Rusuk	6
2.4. Dasar Perpindahan Panas	9
2.4.1. Perpindahan Panas Konduksi	9
2.4.2. Perpindahan Panas Konveksi	10
2.4.3. Perpindahan Panas Radiasi	11
2.4.4. Konduktifitas termal	11
2.5. Parameter Tanpa Dimensi	13
2.6. Perpindahan Panas Dan Faktor Gesekan	14
2.6.1. Perpindahan Panas (<i>Heat Transfer</i>)	14
2.6.2. Faktor Gesekan (<i>Friction Factor</i>)	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Tempat Dan Waktu	17
3.1.1. Tempat	17
3.1.2. Waktu	17
3.2. Bahan Dan Alat	18
3.2.1. Bahan	18
3.2.3. Alat Penelitian	19
3.2.2. Alat Yang Akan Diuji	25
3.3. Bagan Alir Penelitian	26
3.4. Recangan Alat Penelitian	27
3.5. Prosedur Penelitian	28

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Perhitungan Data Hasil Percobaan	29
4.2 Analisa Data	33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Berbagai bentuk sirip	6
Gambar 2.2	Tulang rusuk turbin	7
Gambar 2.3	Mode plat aluminium kasar	8
Gambar 2.4	Konseptual di dalam dinding yang diperkeras tulang rusuk yang disebabkan oleh sudut miring dan rusuk berbentuk V	8
Gambar 2.5	Perpindahan Panas Konduksi	10
Gambar 2.6	Perpindahan Panas Konveksi	11
Gambar 2.7	Perpindahan Panas Radiasi	11
Gambar 2.8	Aliran Laminar	14
Gambar 2.9	Aliran Turbulen	14
Gambar 3.1	Triplek melamin	19
Gambar 3.2	Besi siku berlubang	19
Gambar 3.3	Baut dan mur	20
Gambar 3.4	Lem kayu	20
Gambar 3.5	Alat penelitian pada saluran segiempat	20
Gambar 3.6	Fan Hisap	20
Gambar 3.7	Pemanas Listrik (<i>electric heater</i>)	21
Gambar 3.8	Pelurus Aliran Udara (<i>Flow Straightener</i>)	21
Gambar 3.9	Manometer tipe U	22
Gambar 3.10	Termokopel Tipe T	22
Gambar 3.11	<i>Thermocouple digital</i>	22
Gambar 3.12	Dimmer	23
Gambar 3.13	Anemometer	23
Gambar 3.14	Speed Controler	24
Gambar 3.15	Voltmeter digital	24
Gambar 3.16	Amperemeter	24
Gambar 3.17	Skema Rusuk V	25
Gambar 3.17	Skema Saluran segiempat	27
Gambar 3.18	Bagian – bagian komponen saluran segiempat	27
Gambar 3.19	Rusuk V	27

DAFTAR TABEL

Table 2.1	Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan	12
Tabel 3.1	Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	17

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Q_x	Laju perpindahan panas	(Watt)
K	Konduktivitas panas	$(W/M^2 \cdot K)$
A	Luasan penampang saluran udara	(m^2)
T_{in}	Temperatur inlet dari aliran udara	(K)
T_{out}	Temperature outlet dari aliran udara	(K)
T_b	Temperature base plate	(K)
D_h	Diameter dari saluran udara	(m)
C_p	Panas jenis udara	$(J/Kg \cdot K)$
H	Tinggi saluran udara	(m)
L	Panjang saluran udara	(m)
W_b	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 (<i>heat loss</i>)	(W)
Q_{rad}	Laju perpindahan panas radiasi	(W)
Q_{kond}	Laju perpindahan panas konduksi	(W)
V	Kecepatan rata – rata dalam saluran udara	(m/s)
μ	Viskositas dinamik udara	$(Kg/m \cdot s)$
h	Koefisien perpindahan panas konveksi	$(W/M^2 \cdot K)$
P	Masa jenis udara	(Kg/m^3)
σ	Konstanta Stefan – Boltzman $5,67 \times 10^{-8}$	$(W/M^2 \cdot K^4)$
ε	Emisivitas (benda hitam)	
F	Faktor gesekan	
Pr	Bilangan prandalt	
Re	Duct bilangan reynold	
Nu	Duct nusselt number	

DAFTAR GRAFIK

Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveks ($W/m^2.K$)	35
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt	35
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap penurunan tekanan (Pa)	36
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap faktor gesekan	37

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

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 $W_b=150$ mm x $H=75$ mm, $L=2000$ mm. Dimana udara diambil pada suhu kamar dari Laboratorium Teknik Mesin UMSU dengan blower sentrifugal 370 watt pada 3000 rpm yang terletak diujung hilir.

Pada saluran berpenampang segiempat permukaan bagian dalam besirip atau berusuk, dimana rusuk berfungsi sebagai penghambat aliran pada saluran segiempat, sehingga terjadi aliran turbulensi pada dinding saluran. Saluran berpenampang ini berfungsi untuk memindahkan panas dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk sebagai penghambat aliran akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran. Telah banyak dilakukan penelitian tentang saluran berpenampang segiempat ini untuk meningkatkan laju konveksinya, diantaranya dengan menguji dinding saluran tanpa halangan dan variasi dinding berusuk pada angka Reynold 7.900 hingga 24,900 dengan formasi sudut rusuk 45° terhadap arah aliran oleh Ahn *et. el.* (2007).

Perluasan permukaan perpindahan panas menggunakan rusuk sering digunakan dalam peralatan penukar panas yang bertujuan untuk meningkatkan perpindahan panas antara permukaan utama dan fluida di sekitarnya. Berbagai tipe rusuk alat penukar panas mulai dari bentuk yang sederhana, seperti rusuk segiempat (*rectangular*), silindris, *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 berbentuk 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° . Rusuk V adalah elemen berbentuk V dengan sudut 90° yang dipasang didalam saluran berpenampang segiempat terhadap dinding alat penukar panas, dengan fluida pendingin yang mengalir dalam arah aliran melintang terhadap elemen rusuk tersebut.

Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V. Dimana penelitian ini menggunakan penambahan jumlah rusuk V 2 dan 3. Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk V 10 mm dengan sudut 90° . penelitian bertujuan untuk menguji karakteristik perpindahan panas pada saluran segiempat (*rectangular channel*).

1.2 Rumusan Masalah

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

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 jumlah rusuk V 2 dengan 3.

3. Dimensi plat datar yang digunakan adalah : panjang 200 mm, lebar 150 mm dan tebal 1 mm dan tebal rusuk V 10 mm.
4. Penelitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat yang terdiri dari :
 - a. Saluran segiempat berdimensi penampang 150 mm x 75 mm, dan panjang 2000 mm
 - b. Fan hisap
 - c. Pemanas listrik tipe plat (*plate electric heater*)
 - d. Pelurus aliran udara (*flow straightener*)
 - e. Monometer U
5. Permukaan dalam saluran udara dilapisi dengan bahan melamin yang halus.
6. Parameter yang divariasikan adalah kecepatan aliran udara yang masuk yaitu sebesar 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s.5 m/s
7. Penelitian dilakukan dalam keadaan diam pada temperature kamar.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisis perpindahan panas konveksi yang dialiri fluida udara pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V.
2. Untuk membandingkan pengaruh penambahan jumlah rusuk V yang berbeda.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan pustaka

Sara, et al (2001) melakukan penelitian tentang peningkatan perpindahan panas dan penurunan tekanan diatas sebuah permukaan datar yang diberi halangan halangan pejal (*solid blocks*) berpenampang persegi berlubang dalam saluran segiempat. Saluran segiempat terbuat dari kayu dengan panjang 2000 mm dan mempunyai ukuran tinggi 80 mm dan lebar 160 mm Plat dasar terbuat dari aluminium dengan tebal 2 mm, lebar 140 mm dan panjang 320 mm.

Bilen, K. et al. (2002) melakukan penelitian tentang karakteristik perpindahan panas, korelasi gesekan pada suatu sirip pin silinder yang dipasang pada permukaan elemen dengan susunan *inline* (segaris) maupun *staggered* (selang-seling) pada saluran segiempat dimana udara sebagai fluida kerja. Saluran terbuat dari kayu dengan dimensi 2.000 mm x 180 mm x 100 mm, dengan ketebalan dinding 18 mm. Spesimen berupa plat dasar terbuat dari aluminium dengan dimensi 300 mm x 180 mm x 2 mm.

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, D_h 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.

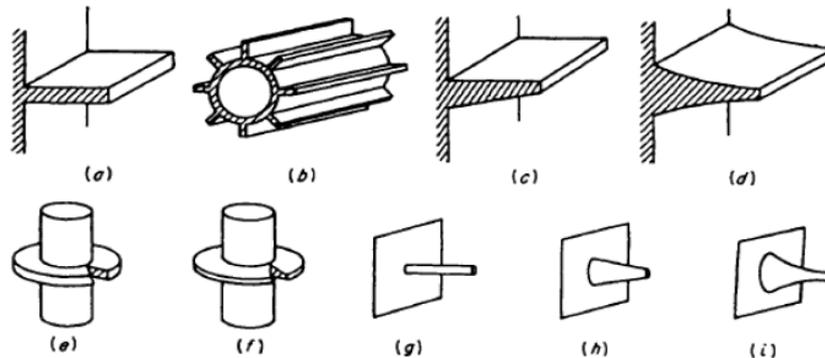
Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019) melakukan penelitian udara diambil pada suhu kamar dari laboratorium dengan blower sentrifugal 1100W pada 2800 rpm yang terletak di ujung hilir, kemudian masuk ke bagian saluran masuk dari saluran persegi panjang. Saluran tersebut memiliki panjang 3 m dan dibagi 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).

2.2 Aplikasi rusuk

Perpindahan panas dari susunan sirip *pin* merupakan subjek yang sangat penting dengan banyak aplikasi keteknikan. Aplikasi tersebut mulai dari alat penukar panas kompak, boiler untuk turbin uap dan pendinginan internal 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 2.1.



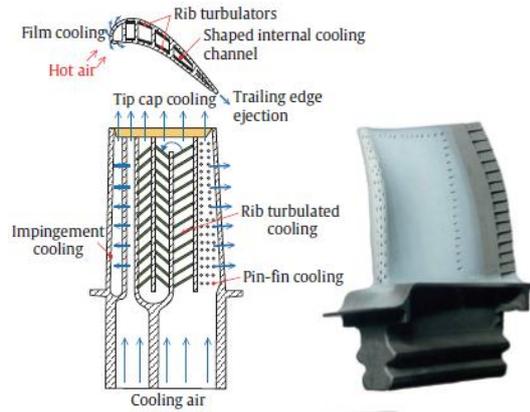
Gambar 2.1 berbagai bentuk sirip (J.P Holman, 2010)

2.3 Rusuk

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

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. Pada gambar 2.2. Rusuk umumnya dipasang pada saluran pendingin untuk

internal pendinginan untuk turbin gas. Banyak peneliti telah mempelajarinya karakteristik aliran dan perpindahan panas untuk sambungan tulang rusuk pengaturan tulang rusuk yang berbeda dalam rasio aspek saluran yang berbeda.



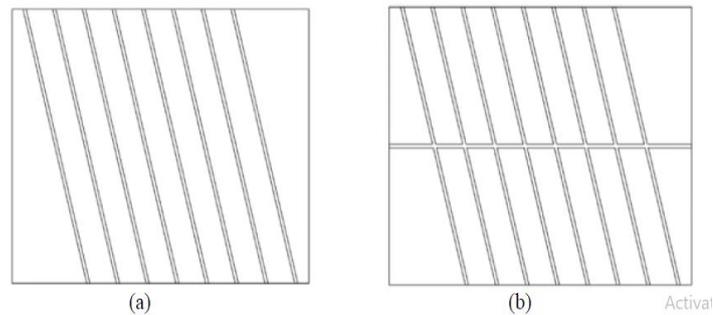
Gambar 2.2 Tulang rusuk turbin Kaewchoothong N, et al (2017)

Han, et al (1985) mempelajari efek miring tulang rusuk sudut (α) dan tinggi tulang rusuk (p / e) pada koefisien perpindahan panas dan penurunan tekanan dalam saluran persegi panjang dengan sambungan tulang rusuk di dua dinding sisi yang berlawanan. Salah satu yang dipelajari sebelumnya pada distribusi perpindahan panas dan faktor gesekan untuk meneliti sudut tulang rusuk 90° dan 45° berbentuk rusuk dengan tinggi tetap rasio $p / e = 10$ dalam saluran persegi dilakukan oleh Ta Maurer et al. (2007).

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.

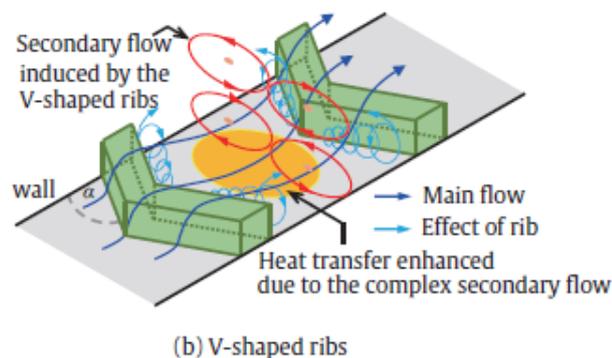
Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019) Melakukan pengujian terdiri dari pelat Aluminium poles dengan panjang 500 mm, lebar 400 mm dan tebal 5 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Elemen kekasaran (rusuk Aluminium) telah dibuat dari yang sama Plat aluminium yang digunakan untuk bagian uji. Tulang rusuk miring memiliki penampang persegi (5 mm x 5 mm). Tulang rusuk

yang berpotongan memiliki penampang yang sama dengan rusuk miring, sejajar dengan arah aliran. Tulang rusuk ini direkatkan secara manual pada pelat uji dengan epoksi termal hanya di ujungnya sebagai tetesan untuk mencegah resistensi terjadi di antara tulang rusuk.



Gambar 2.3 Mode plat aluminium kasar
 (a) Model 1, (b) Model 2 Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019)

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 2.4 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 2.4 Konseptual di dalam dinding yang diperkeras tulang rusuk yang disebabkan oleh sudut miring dan rusuk berbentuk V. Kaewchoothong N, et al (2017)

SriHarsha et al. (2009) Secara eksperimental menyelidiki pengaruh tinggi tulang rusuk pada panas lokal karakteristik transfer dalam saluran persegi dengan sudut 90° rusuk dan rusuk berbentuk 60° V dengan menggunakan teknik termografi infra merah. Mereka mengamati bahwa peningkatan perpindahan panas sebesar 60° Tulang rusuk berbentuk V lebih tinggi dari tulang rusuk 90° . Selain itu, Ravi et al. (2017) Menyelidiki pengaruh sudut miring di dalam saluran aliran dengan sudut miring iga 45° , iga berbentuk W, iga berbentuk M dan Tulang rusuk berbentuk V, masing-masing pada aliran dan perpindahan panas. Mereka melaporkan bahwa distribusi perpindahan panas pada permukaan dengan bentuk V tulang rusuk lebih tinggi dari tulang rusuk lainnya.

2.4 Perpindahan Panas

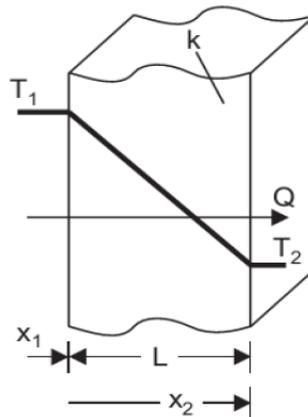
Perpindahan panas merupakan ilmu yang mempelajari perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk mempelajari laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari suatu tempat ke tempat akibat adanya perbedaan temperatur. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (J.P. Holman, 2010)

2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas secara konduksi 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 pada atau

fluida diam atau perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan seperti pada gambar 2.5. 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:

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



Gambar 2.5 Perpindahan Panas Konduksi (J.P Holman,2010)

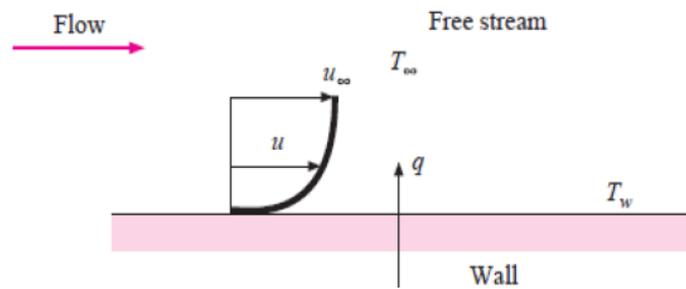
2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

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 2.6. 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 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.

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



Gambar 2.6 Perpindahan Panas Konveksi (J.P Holman,2010)

2.4.3 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.

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



Gambar 2.7 Perpindahan Panas Radiasi (J.P Holman,2010)

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

2.5 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 W/m°C	Panas spesifik Cp J/Kg°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
Bukan 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)

2.6 Parameter Tanpa Dimensi

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

a) 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 :

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

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

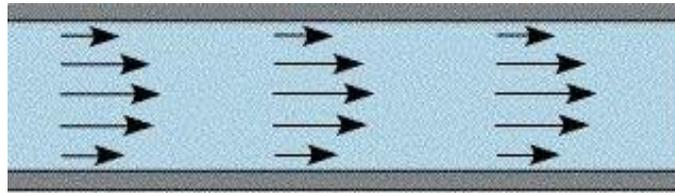
b) Bilangan Nusselt (*Nusselt Number*)

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 :

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

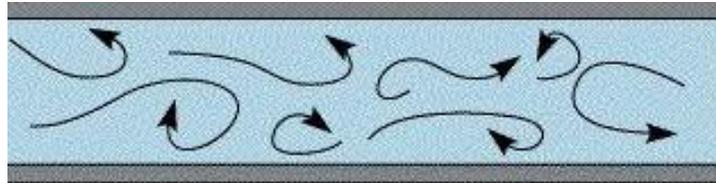
Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan – lapisan yang membentuk garis – garis alir dan tidak berpotongan satu sama yang lain. Alirannya relatif mempunyai kecepatan rendah dan fluidanya bergerak sejajar dan mempunyai batasan – batasan yang berisi aliran fluida. Seperti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

ditunjukkan pada (gambar 2.6), aliran laminar mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2300 Re ($Re < 2300$) pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Aliran laminar (blog.nialbalker)

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari suatu fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran. Semakin besar nilai bilangan Nusselt maka konveksi yang terjadi semakin efektif. Dimana nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dar 4000($Re > 4000$) seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Aliran turbulen (blog.nialbalker)

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (2.7)$$

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

$$D_h = \frac{4 \cdot H \cdot w_b}{2 \cdot (H + w_b)} \quad (2.8)$$

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

2.6 Perpindahan Panas dan Faktor Gesekan

2.7.1 Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

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

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

Input panas listrik dapat dihitung dari tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke permukaan. Kehilangan panas (*heat loss*), Q_{loss} dari sistem bisa karena: radiasi dari permukaan, konduksi melalui dinding-dinding saluran ke atmosfer. Sehingga persamaan (2.9) dapat ditulis menjadi :

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

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

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

Tahanan panas dari permukaan bersirip dengan cara konveksi :

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

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

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

Menghitung laju perpindahan panas dari persamaan (2.11), Q_{conv} Laju perpindahan panas konveksi juga dinyatakan dari percobaan dapat diukur

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

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

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

Menghitung Koefisien perpindahan panas konveksi (h)

Koefisien perpindahan panas konveksi dapat juga dinyatakan dengan.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{Dh} \quad (2.16)$$

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

$$m = \rho \cdot A_t \cdot V \quad (2.17)$$

Menghitung penurunan tekanan (*Pressure Drop*)

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

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

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

$$A_t = H \cdot W_b \quad (2.19)$$

2.7.2 Faktor gesekan (*Friction factor*)

Penelitian penurunan tekanan (*pressure drop*) sepanjang seksi uji dalam saluran bersirip diukur di bawah kondisi aliran panas. Pengukuran ini dikonversi

ke faktor gesekan (*friction factor*), (f). Faktor gesekan ditentukan dari nilai pengukuran penurunan tekanan, ΔP , sepanjang seksi uji menggunakan persamaan

$$f = \frac{\Delta p}{\left[\left(\frac{L}{D_h}\right) \cdot \left(\rho \cdot \frac{V^2}{2}\right)\right]} \quad (2.20)$$

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tmpat

Adapun tempat dilakukannya penelitian “Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk V” di laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah 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 literatur						
3	Penyediaan alat dan bahan						
4	Penulisan proposal BAB 1 s/d BAB 3						
5	Seminar proposal						
6	Perancangan desain saluran segi empat dengan rusuk						
7	Menganalisa perpindahan panas saluran segi empat dengan rusuk						
8	Penulisan laporan akhir						
9	Seminar hasil dan sidang sarjana						

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

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

1. Triplek Melamin

Triplek melamin digunakan untuk membuat saluran segiempat dengan ukuran 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm. Seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Triplek melamin

2. Besi siku berlubang

Besi siku berlubang digunakan untuk rangka saluran segiempat dan komponen lainnya. Besi yang digunakan untuk rangka saluran segiempat yaitu besi siku berlubang 30 x 30 mm, dan tebal 1,2 mm. Seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Besi siku berlubang

3. Baut dan Mur

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



Gambar 3.3 Baut dan Mur

4. Lem kayu

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



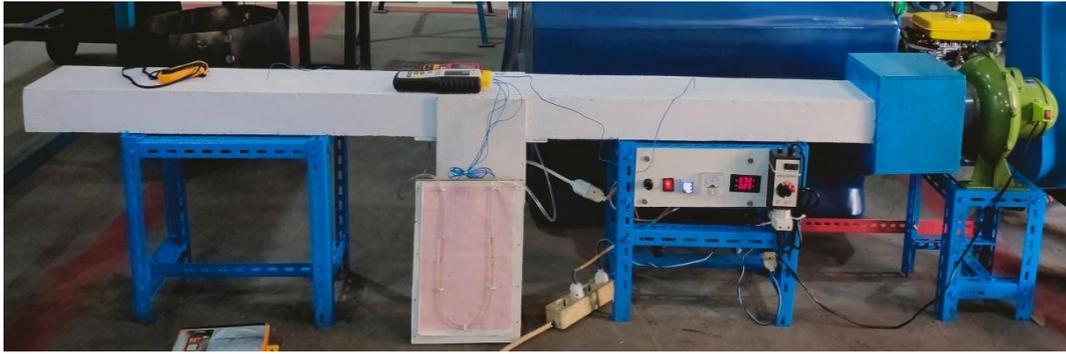
Gambar 3.4 lem kayu

3.2.2 Alat penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Saluran udara segiempat

Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampang bagian dalam dari saluran udara segiempat adalah 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm. Seperti pada gambar 3.5. Saluran udara segiempat ini dilengkapi dengan



Gambar 3.5 Alat penelitian pada saluran segiempat

2. Blower

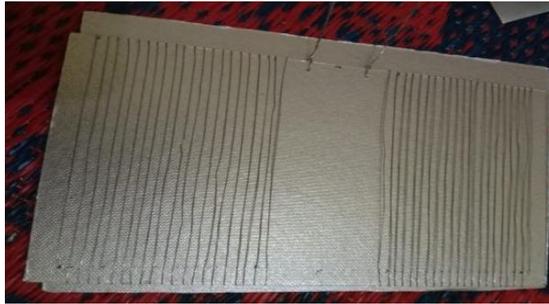
Blower merupakan modifikasi sedemikian rupa dari blower, prinsipnya adalah memanfaatkan sisi *suction* blower sehingga udara yang mengalir dalam saluran segiempat adalah udara yang dihisap oleh blower. Spesifikasi Tipe centrifugal air blower 3 in, daya 370 Watt, Tegangan, 220 V Putaran, 800 rpm, berat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

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



Gambar 3.14 Speed controller

11. Voltmeter digital

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



Gambar 3.15 Voltmeter

12. Amperemeter

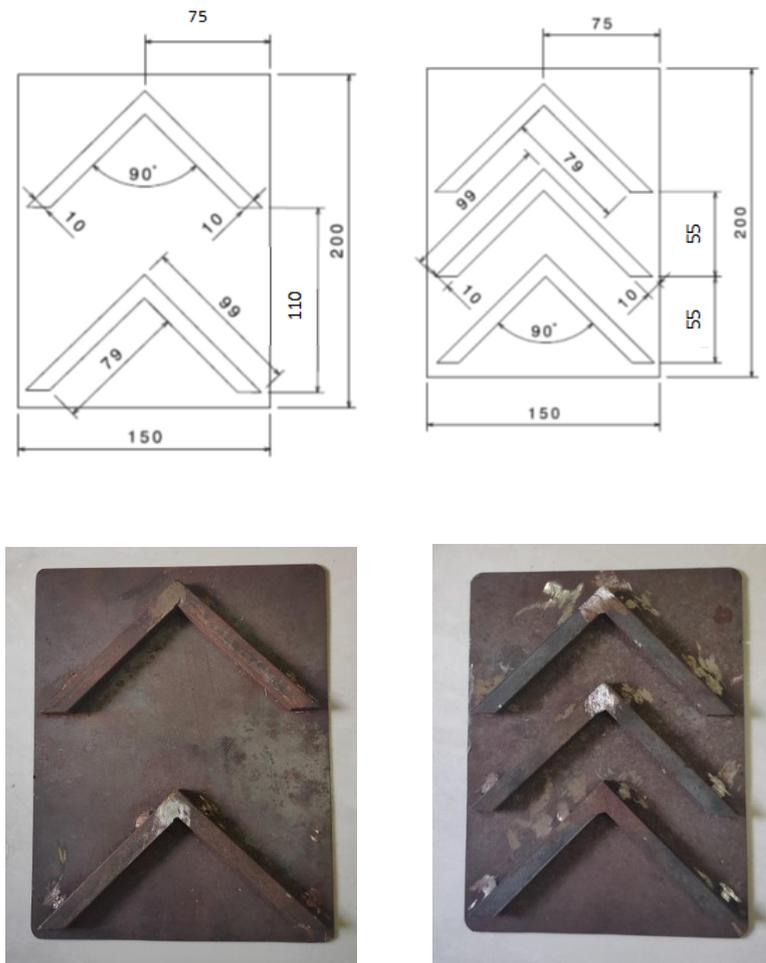
Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang dibutuhkan *heater* untuk mencapai temperature *base plate* yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Amperemeter

3.2.3 Alat yang akan diuji

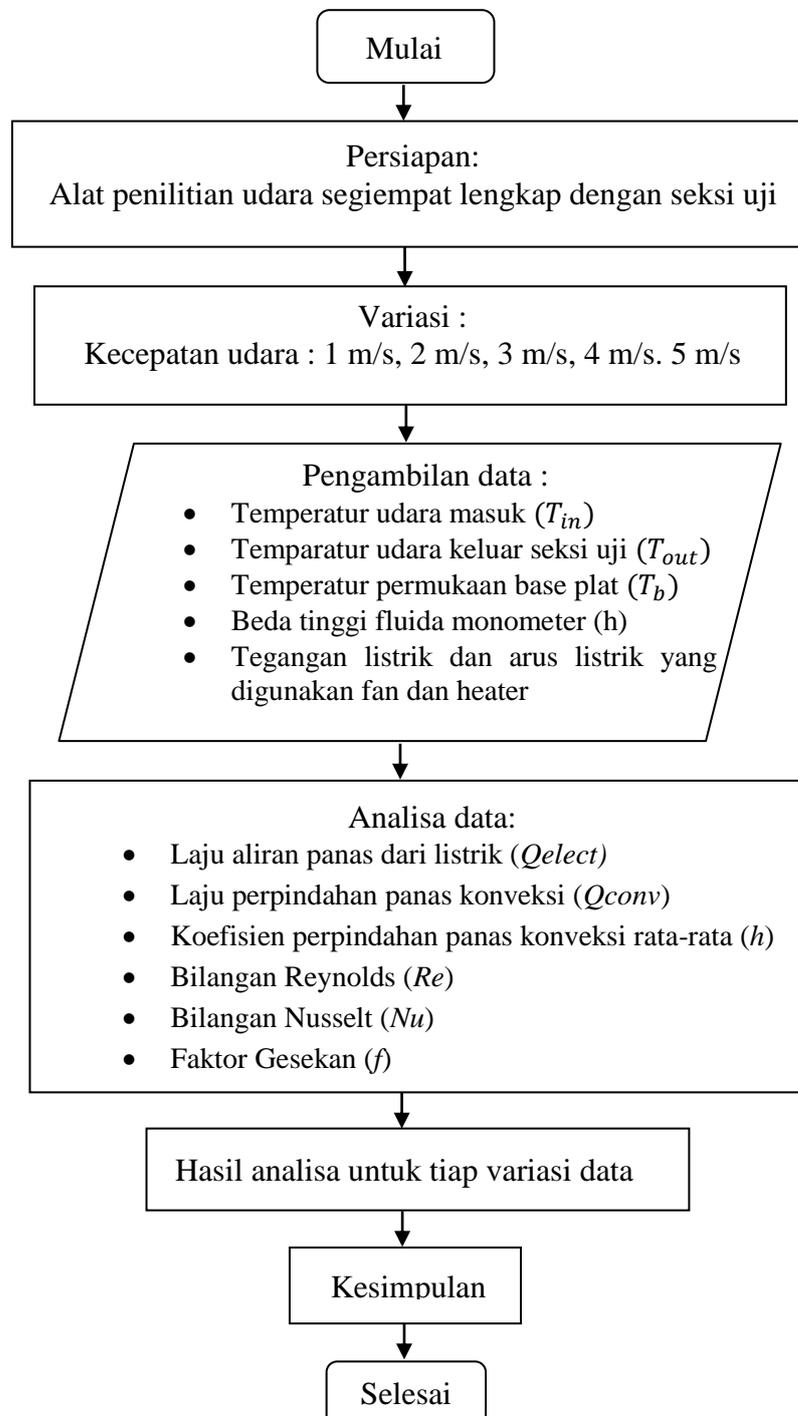
Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk V. Dimana penelitian ini menggunakan penambahan jumlah rusuk V 2 dan 3. Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk V 10 mm dengan sudut 90° . Seperti pada gambar 3.17



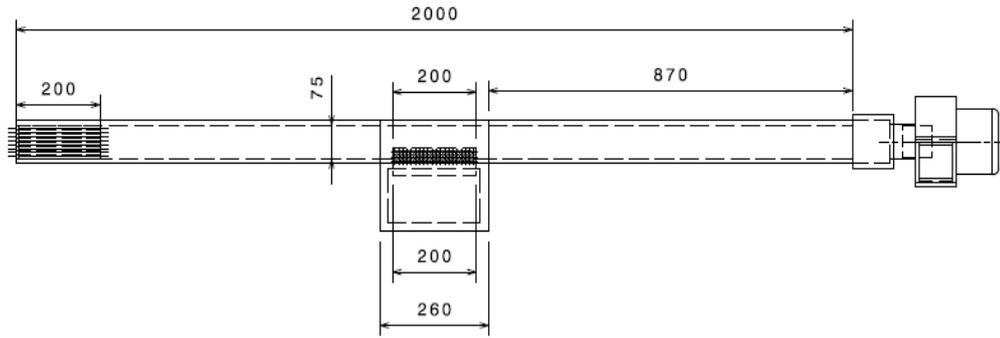
Gambar 3.17 Skema rusuk V

3.3 Bagan alir penelitian

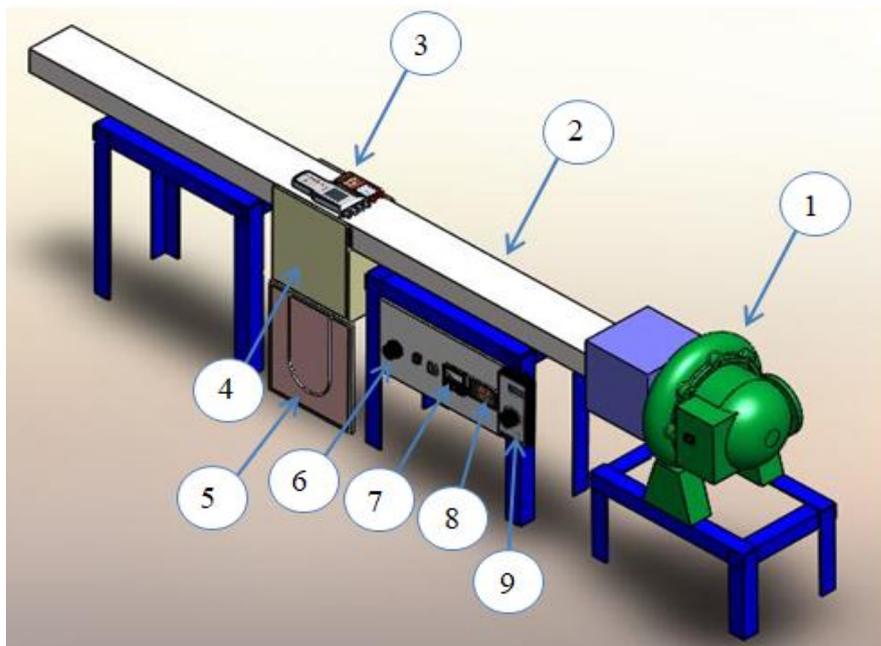
Bagan Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



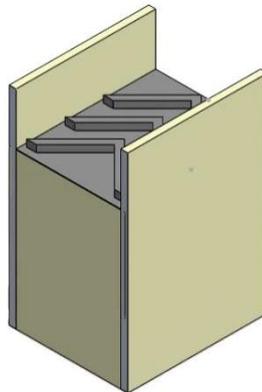
3.4 Rancangan alat penelitian



Gambar 3.18 Skema saluran segiempat



Gambar 3.19 Bagian – bagian komponen saluran segiempat



Gambar 3.20 Rusuk V

Bagian-bagian alat penelitian:

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

3.6 Presedur 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
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 V yang lain
13. Memastikan alat setelah selesai mengambil semua data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan data hasil percobaan

Perhitungan untuk spesimen 1 pada kecepatan aliran udara 1 m/s data hasil pengujian.

Panjang saluran (L)	= 2000 mm = 2 m
Lebar saluran (Wb)	= 150 mm = 0,15 m
Tinggi saluran (H)	= 75 mm = 0,075 m
Tegangan heater (Vh)	= 60 V
Arus heater (If)	= 0,4 A
Ketinggian fluida Monometer (h)	= 1 mm

$$T_{in,rata-rata} = T_{in} = 30,4 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,4 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{out,rata-rata} = T_{out} = 36,8 \text{ } ^\circ\text{C} = 309,8 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{base,rata-rata} = T_b = 169,02 \text{ } ^\circ\text{C} = 442,02 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Temperature flim

$$\begin{aligned} Tf &= \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \\ &= \frac{(303,4 + 309,8)K}{2} \\ &= 306,6K \end{aligned}$$

Tabel Apendix A-5 properties air atmospheric pressure

Fluida property	Temperature
	Udara (306,6)
$\rho(Kg/m^3)$	1,1537192
Cp (J/Kg.K)	1,0061356
$\mu(Kg / m.s)$	1,8764016
$\kappa(W / m . ^\circ C)$	0,02674
Pr	0,706548

Luas penampang saluran udara

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

Diameter saluran udara

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

Tahanan pada heater

$$\begin{aligned} R &= V / I \\ &= 60 / 0,4 \\ &= 150 \ \Omega \end{aligned}$$

Daya pada heater

$$\begin{aligned} Q_{elect} &= \frac{v^2 \times \cos \theta}{R} \\ &= \frac{60^2 \times 0,98}{150} \\ &= 23,52 \text{ W} \end{aligned}$$

Laju aliran masa udara

$$\begin{aligned}m &= \rho \cdot A \cdot V \\&= 1,1537192 \text{Kg/m}^3 \times 0,001125 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m/s} \\&= 0,012979341 \text{Kg/s}\end{aligned}$$

Perpindahan panas konveksi

$$\begin{aligned}Q_{conv} &= m \cdot C_p \cdot (T_{out} - T_{in}) \\&= 0,012979341 \text{Kg/s} \times 1006,1356 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{K} \times (309,8 - 303,4) \text{K} \\&= 83,577 \text{W}\end{aligned}$$

Bilangan reynold

$$\begin{aligned}Re &= \frac{\rho \cdot V \cdot Dh}{\mu} \\&= \frac{1,1537192 \text{Kg/m}^3 \times 1 \text{ m/s} \times 0,15 \text{ m}}{1,8764016 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.s}} \\&= 9222\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}Nu &= 0,023 Re^{0,8} \times Pr^{0,4} \\&= 0,023 \times (9222,859328)^{0,8} \times (0,706548)^{0,4} \\&= 29,7356\end{aligned}$$

Koefisien perpindahan panas konveksi

$$\begin{aligned}h &= \frac{Nu \times k}{Dh} \\&= \frac{29,7356 \times 0,02674}{0,15} \\&= 5,3009 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}\end{aligned}$$

Penurunan tekanan

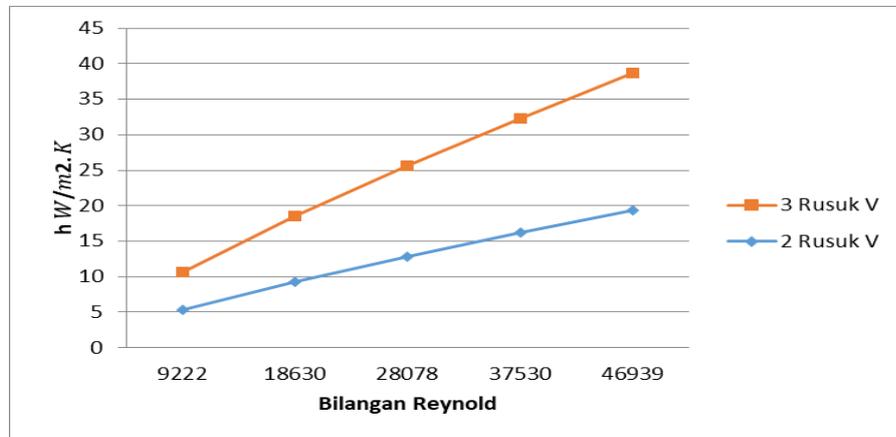
$$\begin{aligned}\Delta P &= \rho \cdot g \cdot h \\&= 1,1537192 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 0,001 \text{ m} \\&= 11,317 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Faktor gesekan

$$\begin{aligned}f &= \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{Dh} \right) \left(\rho \frac{V^2}{2} \right) \right]} \\&= \frac{11,317 \text{ Pa}}{\left[\left(\frac{0,2 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} \right) \left(1,1537192 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times \frac{(1 \text{ m} / \text{s})^2}{2} \right) \right]} \\&= 1,4715\end{aligned}$$

4.2 Analisa data

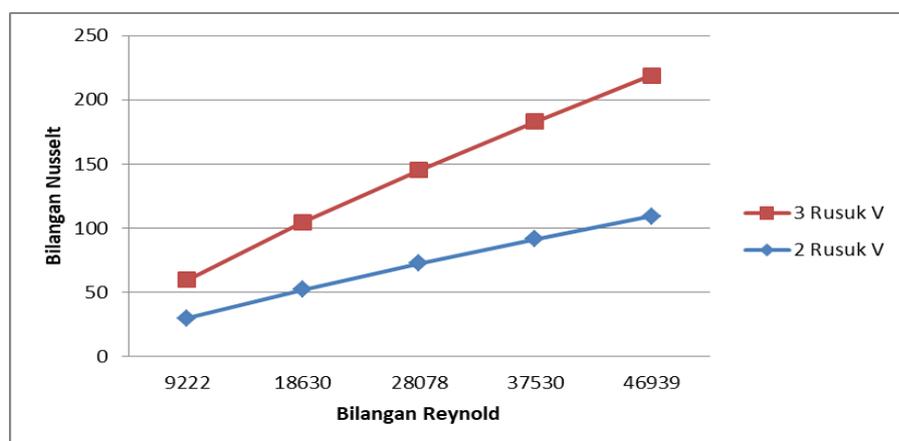
1. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Koefisien perpindahan panas konveksi $W/m^2.K$



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Koefisien perpindahan panaskonveksi $W/m^2.K$

Dari gambar grafik 4.1 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 membantu panas dari saluran, sehingga koefisien perpindahan panasnya akan semakin meningkat. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi maksimum terjadi pada 3 rusuk V $W/m^2.K$ 7

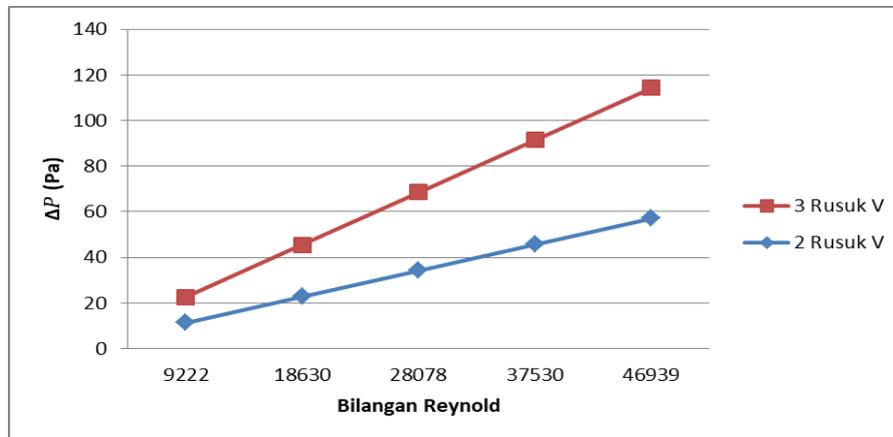
2. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt



Gambar 4.2 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt

Dari gambar grafik 4.2 pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt. Semakin besar nilai bilangan Nusselt maka akan semakin meningkatnya bilangan Reynold. Hal ini disebabkan naiknya koefisien perpindahan panas pada saluran akibat laju aliran udara pada blower. Sehingga terjadinya aliran turbulen membuat partikel – partikel fluida mengalir secara acak pada permukaan saluran tersebut. Terlihat pada bilangan Reynold semakin banyak penambahan rusuk maka akan semakin besar nilai bilangan Nusseltnya. Nilai bilangan Nusselt maksimum terjadi pada 3 rusuk V sebesar 109,36.

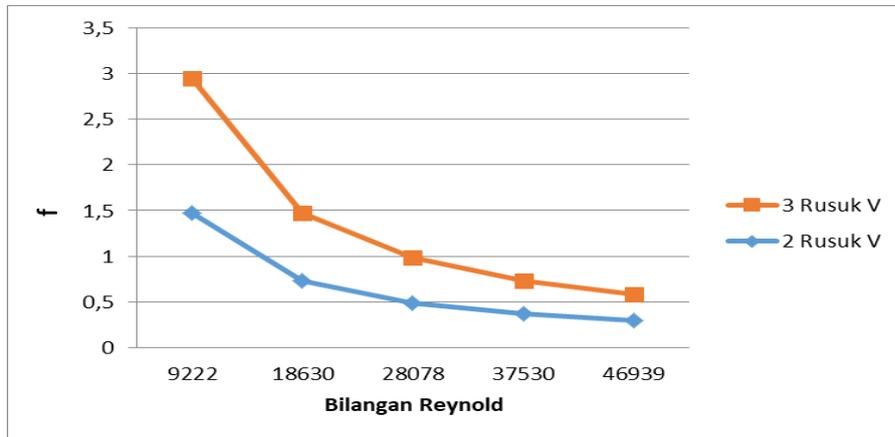
3. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Pressure drop* (Pa)



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

Dari gambar grafik 4.4 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Pressure drop* (Pa). Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin meningkatnya *pressure drop* yang terjadi. *Pressure drop* yang terjadi pada perpindahan panas yang menggunakan 2 rusuk V lebih besar dibandingkan dengan 3 rusuk V. Dapat dijelaskan bahwa semakin banyak penambahan jumlah rusuk maka akan semakin besar *pressure dropnya* yang terjadi. Nilai *pressure drop* maksimum terjadi pada 3 rusuk V sebesar 57,16 Pa.

5. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Friction factor*



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Friction factor*

Dari gambar grafik 4.5 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Friction factor* Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin menurun *Friction factor* yang terjadi. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi bilangan Reynold maka kecepatan pada aliran udara yang terjadi akan semakin tinggi. Dimana nilai *Friction factor* yang terjadi berbanding terbalik dengan nilai kecepatan udara, sehingga mengakibatkan *Friction factor* akan semakin menurun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARA

5.1 Kesimpulan

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

1. Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampang bagian dalam dari saluran udara segiempat adalah 150 mm x 75 mm dan panjang 2000 mm.
2. Semakin besar bilangan Reynold maka akan semakin besar koefisien konveksi yang terjadi.
3. Terlihat pada bilangan Reynold semakin banyak penambahan rusuk maka akan semakin besar nilai bilangan Nusseltnya.
4. Semakin banyak penambahan jumlah rusuk maka akan semakin besar *pressure drop* yang terjadi. Nilai *pressure drop* maksimum terjadi pada 3 rusuk V sebesar 57,16 Pa.
5. Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin menurun *friction factor* yang terjadi. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi bilangan Reynold maka kecepatan aliran udara yang terjadi akan semakin besar. Sehingga mengakibatkan *Friction factor* akan semakin menurun.
6. Dari hasil percobaan diperoleh perpindahan panas yang paling baik adalah 3 Rusuk V. Pada percobaan dengan kecepatan udara masuk 5 m/s diperoleh koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,317 W/m².K dan bilangan Nusselt sebesar 109,36 penurunan tekanan sebesar 57,16 Pa sehingga 3 rusuk V jauh lebih baik dibandingkan 2 rusuk V.

5.2 Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- 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-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.
- Li Q., Chen Z., Flechtner U., Warnecke H.J., 1998, Heat transfer and pressure drop characteristics in rectangular channels with elliptic pin fins, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, Vol. 19, pp. 245-250
- Lu, B., and Jiang, P.-X. (2006). Experimental and numerical investigation of convection heat transfer in a rectangular channel with angled ribs. *Experimental Thermal and Fluid Science* 30, 513-521.
- 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.
- Naik.S., Probert, SD, Shilston, MJ, 1987, "Forced Convective Steady State Heat Transfer from Shrouded Vertically Fin Arrays, Aligned Parallel to An Undisturbed Air Stream", *Applied Energy*, Vol. 26, pp. 137–158.
- 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.
- Ravi, B.V., Singh, P., and Ekkad, S.V. (2017). Numerical investigation of turbulent flow and heat transfer in two-pass ribbed channels. *International Journal of Thermal Sciences* 112, 31-43.
- Sahin B., and Demir A., 2008, "Performance analysis of a heat exchanger having perforated square fins", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 28, pp. 621–632.
- S.C. Lau, R.T. Kukreja, R.D. McMillin Effects of V-shaped rib arrays on turbulent heat transfer and friction of fully developed flow in a square channel, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 7,34 (1991) pp. 1605–1616.
- Sara ON, Yapici S, Yilmaz M. Second law analysis of rectangular channels with square pin-fins. *Int Commun Heat Mass Transf* 2001;28:617–30.
- 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.
- 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.

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

Interpolasi 2 rusuk v

Interpolasi 1

T.K	ρ	Cp	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
306.6	1.15372	1.0061356	1.8764	0.02674	0.706548
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 2

T.K	ρ	Cp	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
304.8	1.16018	1.0060168	1.86816	0.0266	0.706944
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 3

T.K	ρ	Cp	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
303.95	1.16323	1.0059607	1.86428	0.02654	0.707131
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 4

T.K	ρ	Cp	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
303.5	1.16484	1.005931	1.86222	0.02651	0.70723
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 5

T.K	ρ	Cp	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
303.4	1.1652	1.0059244	1.86176	0.0265	0.707252
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 3 rusuk V

Interpolasi 1

T.K	ρ	C_p	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
306.1	1.15551	1.0061026	1.87411	0.0267	0.706658
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 2

T.K	ρ	C_p	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
304.35	1.16179	1.0059871	1.86611	0.02657	0.707043
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 3

T.K	ρ	C_p	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
303.85	1.16359	1.0059541	1.86382	0.02653	0.707153
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 4

T.K	ρ	C_p	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
303.45	1.16502	1.0059277	1.86199	0.0265	0.707241
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Interpolasi 5

T.K	ρ	C_p	μ	k	Pr
300	1.1774	1.0057	1.8462	0.02624	0.708
303.35	1.16538	1.0059211	1.86153	0.02649	0.707263
350	0.998	1.009	2.075	0.03003	0.697

Data rata - rata hasil pengujian selama 15 menit dengan menggunakan akan 2 rusuk dengan sudut 90°

Kecepatan Udara (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T_{in} ($^{\circ}K$)	T_{out} ($^{\circ}K$)	T_{base} ($^{\circ}K$)	Monometer (mm)	H (m)	L (m)	Wb (m)	TF ($^{\circ}K$)
1	60	0,4	77	0,25	303,4	309,8	442,02	1	0,075	2	0,15	306,6
2	60	0,4	106	0,37	303,3	306,3	439,2	2	0,075	2	0,15	304,8
3	60	0,4	135	0,50	303,3	304,4	427,2	3	0,075	2	0,15	303,85
4	60	0,4	169	0,59	302,2	303,8	417,2	4	0,075	2	0,15	303,5
5	60	0,4	189	0,78	302,2	303,6	399,7	5	0,075	2	0,15	303,4

ρ (Kg/m^3)	C_p ($Kg/^{\circ}C$)	μ ($Kg/m.s$)	k ($Kg/^{\circ}C$)	Pr	Luas penampang (m^2)	Diameter saluran udara (m)	Tahanan heater (Ω)	Daya panas heater (W)
1,1537192	1,0061356	1,8764016	0,02674	0,706548	0,01125	0,15	150	23,52
1,1601776	1,0060168	1,8681648	0,026604	0,706944	0,01125	0,15	150	23,52
1,1653862	1,0059541	1,8638176	0,026532	0,707131	0,01125	0,15	150	23,52
1,164842	1,005931	1,862216	0,026505	0,70723	0,01125	0,15	150	23,52
1,1652008	1,0059244	1,8617584	0,026498	0,707252	0,01125	0,15	150	23,52

+

Laju aliran massa (Kg/s)	Perpindahan panas konveksi (W/m^3)	Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m^3)	Bilangan russelt	Bilangan reynold	Penurunan tekanan (Pa)	Factor gesekan
0,012979341	83,57745309	5,300925049	29,73561823	9222,859328	11,31798535	1,4715
0,026103996	78,78317557	9,258046253	52,19949217	18630,75891	22,76268451	0,73575
0,039271034	51,34081605	12,82394018	72,48054975	28093,61764	34,24434187	0,4905
0,05241789	31,6372683	16,15489521	91,4245182	37530,83423	45,70840008	0,367875
0,065542545	26,3723381	19,31548999	109,3423698	46939,52771	57,15309924	0,2943

Data rata – rata hasil pengujian selama 15 menit dengan menggunakan 3 rusuk dengan sudut 90°

Kecepatan Udara (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T_{in} (°K)	T_{out} (°K)	T_{base} (°K)	Manometer (mm)	H (m)	L (m)	Wb (m)	TF (°K)
1	60	0,4	77	0,25	303,4	308,8	443,5	1	0,075	2	0,15	306,1
2	60	0,4	106	0,37	303,3	305,4	405,4	2	0,075	2	0,15	304,35
3	60	0,4	135	0,50	303,3	304,4	411,6	3	0,075	2	0,15	303,85
4	60	0,4	169	0,59	302,2	303,7	391,05	4	0,075	2	0,15	303,45
5	60	0,4	189	0,78	302,2	303,5	380,1	5	0,075	2	0,15	303,35

ρ (Kg/m ³)	C_p (Kg/°C)	μ (Kg/m.s)	k (Kg/°C)	R_f	Luas penampang (m ²)	Diameter saluran udara (m)	Tahanan heater (Ω)	Daya panas heater (W)
1,1555132	1,0061356	1,8764016	0,02674	0,706548	0,01125	0,15	150	23,52
1,1617922	1,0060168	1,8681648	0,026604	0,706944	0,01125	0,15	150	23,52
1,1635862	1,0059541	1,8638176	0,026532	0,707131	0,01125	0,15	150	23,52
1,1650214	1,0059277	1,8619872	0,026502	0,707241	0,01125	0,15	150	23,52
1,1652008	1,0059244	1,8617584	0,026498	0,707252	0,01125	0,15	150	23,52

Laju aliran massa (Kg/s)	Perpindahan panas konveksi (W/m ²)	Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m ²)	Bilangan nusselt	Bilangan reynold	Penurunan tekanan (Pa)	Factor gesekan
0,012999524	70,62581372	5,305501812	29,80353331	9248	11,33558449	1,4715
0,026140325	55,2233414	9,265158321	52,30665679	18677	22,79436296	0,73575
0,039271034	43,45534371	12,82611921	72,51357637	28093	34,24434187	0,4905
0,052425963	26,36845069	16,1562639	91,44533969	37541	45,71543974	0,367875
0,065552636	19,78223399	19,31712339	109,3672705	46952	57,16189881	0,2943

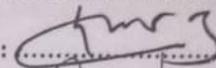
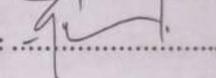
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 - 2021**

Peserta seminar

Nama : Dedek Irwansyah

NPM : 1607210095

Judul Tugas Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segi Empat Dengan Rususk.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:
Pembanding – I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 15 Jum. Akhir 1442 H
28 Januari 2021 M



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

NAMA : Dedek Irwansyah
NPM : 1607210095
Judul T.Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

*Perbaikan sumai puyulasa
dan puyulasa pd. Saat Seminar hari*

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan 15 Jum Akhir 1442H
28 Januari 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

Munawar A Siregar
Munawar A Siregar.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Dedek Irwansyah
NPM : 1607210095
Judul T.Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segi Empat Dengan Rusuk.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

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 15 Jum Akhir 1442H
28 Januari 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II

[Handwritten Signature]
Chandra A Siregar.S.T.M.T



UMSU

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1932/ II./3AU/UMSU-07/F/2020

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

Nama : DEDEK IRWANSYAH
Npm : 1607230095
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : 1X (Sembilan)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA SALURAN SEGI EMPAT DENGAN RUSUK .

Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI ST. MT .

Dengan Demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

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

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



Dekan

Munawar alfansury siregar ST. MT

Nidn : 0101017202

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama	: Dedek Irwansyah
Alamat	: Desa Tanjung Mulya, Kec. Air Putih, Kab. Batubara
Tempat & Tanggal Lahir	: Sukamaju 22 November 1998
Jenis Kelamin	: Laki - Laki
Agama	: Islam
Status Perkawinan	: Belum Kawin
Kewarganegaraan	: Indonesia
Tinggi / Berat Badan	: 165 / 60 Kg
Nomor Hp	: 085362511998
Email	: Dedeirwansyah@gmail.Com

PENDIDIKAN FORMAL

2013 – 2016	: SMKS TENGKU AMIR HAMZAH
2010 – 2013	: SMPN 1 TAPUG HILIR
2004 – 2010	: SDN 007 SUKAMAJU