

TUGAS AKHIR

ANALISA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN PENAMBAHAN RUSUK LURUS BERLUBANG

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

Disusun Oleh :

ANDRE RAHDianto

1707230001



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

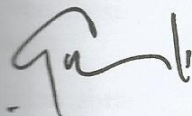
Nama : ANDRE RAHDIANTO
NPM : 1707230001
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Penambahan Rusuk Lurus Berlubang
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 24 September 2022

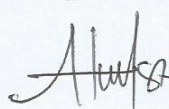
Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



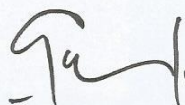
Arya Rudi Nasution S.T , M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andre Rahdianto
Tempat/Tanggal lahir : Medan, 29 November 1999
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 PENAMBAHAN RUSUK LURUS BERLUBANG “

Bukan merupakan plagiarisme, pencuri hasil dari 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 di proses 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/Sipil/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 12 September 2022
Saya yang menyatakan



Andre Rahdianto

ABSTRAK

Pada penelitian ini menggunakan saluran segiempat dengan dimensi saluran panjang 2440 mm, lebar 240 mm dan tinggi 152 mm. Elemen yang digunakan pada saluran menggunakan rusuk lurus berlubang, material yang digunakan rusuk lurus berlubang plat stainless. Dalam penelitian ini menggunakan rusuk lurus berlubang dengan tebal rusuk 10 mm, panjang 150 mm dan diameter lubang 3 mm tirus 5 mm. Parameter yang di variasikan dalam penelitian adalah 1 m/s, 2m/s, 3m/s, 4m/s dan 5 m/s . Dari hasil percobaan penggunaan rusuk sangat baik untuk proses perpindahan panas dan penurunan tekanan. Pada percobaan dengan kecepatan udara 5 m/s di peroleh konveksi perpindahan panas sebesar 55,6 W, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,093 W/m².K ,pressure drop tertinggi sebesar 18,02 Pa dan faktor gesekan yang terjadi sebesar 0,0143 . Sehingga dari hasil percobaan tersebut penggunaan rusuk sangat efektif dalam proses perpindahan panas.

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

ABSTRACT

In this study, a rectangular channel with channel dimensions is 2440 mm long, 240 mm wide and 152 mm high. Elements used in the channel use straight ribs perforated, the material used is straight ribs with perforated stainless plates. In this study, straight ribs were used with a rib thickness of 10 mm, a length of 150 mm and a hole diameter of 3 mm, tapered to 5 mm. The parameters that were varied in the study were 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s and 5 m/s. From the experimental results the use of ribs is very good for the process of heat transfer and pressure reduction. In an experiment with an air velocity of 5 m/s, the convection heat transfer was obtained at 55,6 w, the highest convective heat transfer coefficient was 19,093 W/m².K, the highest pressure drop was 18,02 Pa and the friction factor was 0,0143. So from the results of these experiments the use of ribs is very effective in the heat transfer process

Keywords : Reynolds number, Nusselt number, Quadrilateral channel, straight rib with holes, 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 yang berjudul “Pembuatan Rusuk V Berlubang Pada alat Perpindahan Panas Saluran Segiempat” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Khairul Umrani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T, M.T selaku pembanding 1 sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Arya Rudi Nasution S.T. M.T selaku dosen pembanding 2 yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, .MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Rudianto dan Rahma yanti yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis yang ikut serta membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh kerabat yang terlibat dalam membantu penulis menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

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 Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi dan manufaktur Teknik Mesin.

Medan, 12 September 2022

Andre Rahdianto
1707230001

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	ii
LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 Pendahuluan	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat penelitian	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka	
2.1. Perpindahan Panas	4
2.2. Dasar Perpindahan Panas	5
2.2.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi	6
2.2.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi	6
2.2.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi	7
2.2.4. Kondutifitas Termal	8
2.3. Rusuk	9
2.4. Aplikasi Rusuk	10
2.5. Parameter Tanpa Dimensi	13
2.6. Perpindahan Panas dan Faktor Gesekan	15
2.6.1. Perhitungan Perpindahan Panas	15
2.6.2. Faktor Gesekan	17
BAB 3 Metode Penelitian	
3.1. Tempat dan Waktu	18
3.1.1. Tempat Penelitian	18
3.1.2. Waktu	18
3.2. Bahan dan Alat yang digunakan	19
3.3. Alat yang akan di uji	24
3.3.1. Rusuk	24
3.3.2. Rancangan Alat Penelitian	25
3.4. Prosedur Penelitian	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Pengujian	29
4.2. Perhitungan Data	29
4.3. Pembahasan	37

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
SK PEMBIMBINGAN	
BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpindahan Panas Secara Konduksi	6
Gambar 2.2	Perpindahan Panas Secara Konveksi	7
Gambar 2.3	Perpindahan Panas Secara Radiasi	8
Gambar 2.4	Berbagai jenis rusuk	10
Gambar 2.5	Aplikasi Rusuk Silinder Pada Saluran Segiempat	11
Gambar 2.6	Aplikasi rusuk pada exchanger dobel pipa berbentuk siku empat	12
Gambar 2.7	Mode plat aluminium kasar	13
Gambar 2.8	Aliran Laminar	14
Gambar 2.9	Aliran Turbulen	14
Gambar 3.1	Plat Alumunium Alloy	19
Gambar 3.2	Saluran Udara Segiempat	19
Gambar 3.3	Blower	20
Gambar 3.4	Heater	20
Gambar 3.5	Pelurus Aliran Udara	21
Gambar 3.6	Manometer	21
Gambar 3.7	Termokopel	22
Gambar 3.8	Termokopel Digital	22
Gambar 3.9	Anemometer	22
Gambar 3.10	Speed Controler	23
Gambar 3.11	Thermostat	23
Gambar 3.12	Thermal Grease	24
Gambar 3.13	Skema Rusuk Lurus Berlubang	24
Gambar 3.14	Rusuk Lurus Berlubang	25
Gambar 3.15	Pemasangan Rusuk Pada Base Plate	25
Gambar 3.16	Skema Saluran Segiempat	26
Gambar 3.17	Bagian-bagian komponen saluran segiempat	26
Gambar 3.18	Diagram Alir Penelitian	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan	9
Tabel 3.1	Alur Tugas Akhir	18
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian rusuk lurus berlubang	30
Tabel 4.2	Appendix A-9 Properties of air 1 atm Temp. 306,925 K	31
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian Tanpa Beban	33
Tabel 4.4	Appendix A-9 Properties of air 1 atm Temp. 305,1 K	34

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Pengaruh bilangan reynold terhadap laju perpindahan panas Konveksi	37
Grafik 4.2	Pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan Panas konveksi h ($W/m^2.k$)	38
Grafik 4.3	Pengaruh bilangan reynold terhadap bilangan nusselt	38
Grafik 4.4	Pengaruh bilangan reynold terhadap penurunan tekanan	39
Grafik 4.5	Pengaruh bilangan reynold terhadap Faktor gesekan	39
Grafik 4.6	Pengaruh Velocity terhadap T_{out}	40

DAFTAR NOTASI

Q_x	= Laju perpindahan panas	(Watt)
K	= Koefisien perpindahan panas konveksi	($W / m^2 \cdot ^\circ C$)
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 prandalt	
Re	= Duct bilangan reynold	
Nu	= Duct nusselt number	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perpindahan Panas adalah ilmu yang mempelajari tentang mekanisme proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain atau dari suatu sistem ke sistem lain. Perpindahan panas dari suatu sistem ke lingkungannya merupakan hal sangat penting guna mendapatkan keseimbangan temperatur pada sistem tersebut. 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 (Cassidy & Houlsby, n.d.2014).

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 segi empat dengan penambahan rusuk berlubang.

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. sementara lubang lubang pada dinding rusuk berfungsi sebagai peningkatan distribusi perpindahan panas lokal (Nu/Nu_0) di dinding ujung hilir tulang rusuk. Iga berlubang mengembangkan vortisitas longitudinal. Vortisitas ini menyebabkan peningkatan aliran pencampuran dan energi kinetik turbulen. Rusuk berlubang persegi

memberikan angka Nusselt rata-rata normalisasi 37,1–57,3% lebih tinggi dibandingkan dengan rusuk padat, namun menginduksi penurunan tekanan tinggi. Secara keseluruhan, rusuk berlubang persegi memberikan kinerja termal-hidrolik terbaik (Rasool & Qayoum, 2018).

Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang 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 dan penurunan tekanan pada saluran udara segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang.

1. Bagaimana pengaruh rusuk lurus berlubang terhadap perpindahan panas pada saluran segiempat.
2. Apakah dengan menambahkan rusuk lurus berlubang akan mengurangi faktor gesekan dan penurunan tekanan didalam saluran segiempat.

1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah

1. Material rusuk lurus yang digunakan adalah plat aluminium dengan ketebalan 10mm
2. Pengujian dengan rusuk lurus berlubang dan tanpa rusuk
3. Permukaan dalam saluran udara di lapisin dengan bahan melamin yang halus
4. Penelitian dilakukan dalam keadaan diam pada temperatur kamar
5. Penelitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat yang terdiri dari
 - a. Saluran segiempat berdimensi penampang 152 mm x 240 mm, dan panjang 2440 mm.
 - b. Fan hisap.
 - c. Pemanas listrik tipe plat (*plate electric heater*).

- d. Pelurus aliran udara (*flow straightener*).
- e. Monometer U.
- f. *Base Plate*

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisis perpindahan panas konveksi yang dialiri fluida udara pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang.
2. Untuk mengetahui pengaruh rusuk pada kecepatan aliran udara terhadap temperatur udara dalam saluran.
3. Untuk mengetahui pengaruh bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang
4. Untuk menganalisis perpindahan panas konveksi, koefisien perpindahan panas konveksi, penurunan tekanan dan faktor gesekan yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang pada saluran.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perpindahan Panas

Cassidy & Houlsby, n.d.2014 Proses perpindahan panas merupakan salah satu wujud transformasi energi dan sangat penting dalam berbagai bidang teknologi. Industri permesinan, pesawat terbang, pengeringan, pendinginan dan sebagainya selalu melibatkan perpindahan panas. perpindahan panas merupakan proses perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah yang lain sebagai akibat dari gradien temperatur.Suswanto et al., 2015 pada dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda dimana transfer panas dilakukan secara langsung maupun secara tidak langsung.

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

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

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

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

udara ke dalam area kerja welding dan di eshop dikarenakan kerugian yang ditimbulkan akibat tidak termanfaatkannya tekanan aliran udara secara maksimal. Energi yang hilang karena penurunan tekanan dapat melebihi energi yang didapatkan dari usaha peningkatan perpindahan panas tersebut. Sehingga energi yang hilang karena adanya faktor gesekan tersebut dapat tergantikan akibat upaya tersebut.

Li, Q. et al (1998) meneliti karakteristik perpindahan panas dan tahanan aliran dari susunan staggered sirip pin ellips pendek dalam saluran segiempat dengan aliran udara melintang. Seksi uji mempunyai ukuran lebar 240 mm, tinggi 12,75 mm dan dibuat dari plexiglass dengan tebal 10 mm. Dimensi sirip pin ellips yang digunakan mempunyai panjang sumbu mayor, $2a = 16$ mm, panjang sumbu minor, $2b = 9$ mm, sehingga equal circumference diameter dari sirip pin $D = 12,75$ mm, dan tinggi 12,75 mm (sama dengan tinggi saluran udara). Jarak antar titik pusat sirip dalam arah spanwise dan streamwise, $S1/D = 1,10 - 3,00$. Dalam penelitian ini hanya satu sirip yang dibuat dari naphthalene untuk setiap pengujian dan lainnya dibuat dari lilin (wax). Dengan menggunakan analogi perpindahan panas-massa dan teknik sublimasi naphthalene, koefisien perpindahan panas rata rata pada sirip-sirip pin dan pada base plate dapat dinyatakan. Koefisien perpindahan panas rata-rata total dari sirip pin dihitung dan koefisien tahanan juga diteliti. Hasil percobaan menunjukkan bahwa perpindahan panas dari sebuah saluran dengan sirip-sirip pin ellips lebih besar daripada dengan sirip-sirip pin bundar (circular), sedangkan tahanan aliran dari saluran dengan sirip-sirip pin ellips lebih rendah daripada sirip-sirip bundar pada range bilangan Reynolds dari 1.000 – 10.000.

2.2. Dasar Perpindahan Panas

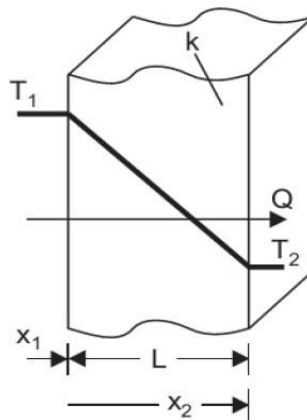
Perpindahan panas merupakan ilmu yang mempelajari perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan 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.

2.2.1. Perpindahan Panas Secara 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 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:

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



Gambar 2.1 Perpindahan panas secara konduksi (J.P Holman,2010).

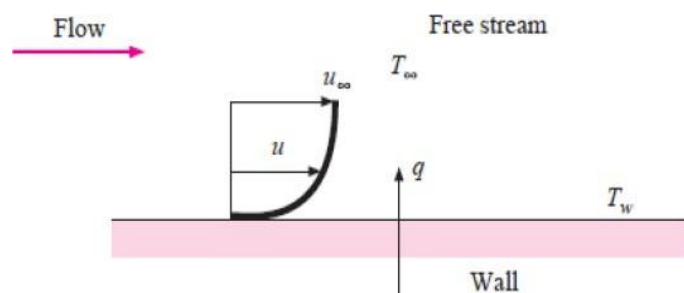
2.2.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi akibat adanya pergerakan molekul pada suatu zat, hal tersebut yang mengakibatkan perpindahan panas secara konveksi. 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.

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.

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

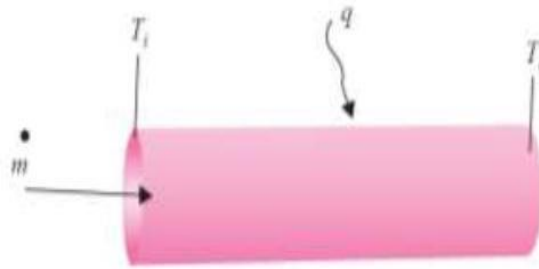


Gambar 2.2 Perpindahan panas secara konveksi (J.P Holman,2010).

2.2.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses mengalirnya panas dari benda bertemperatur tinggi ke bertemperatur rendah masing – masing benda berada di dalam ruang yang sama, bahkan jika terdapat diruang hampa diantara benda – benda tersebut. Energi panas radiasi mengenai suatu bahan, maka sebagian radiasiakan 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 2.3 Perpindahan panas secara radiasi (J.P Holman,2010).

2.2.4. Konduktifitas termal

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

Bahan yang mempunyai konduktivitas yang baik disebut dengan konduktor, misalnya logam. Sedangkan bahan yang mempunyai konduktivitas jelek disebut isolator, misalnya asbes, wol, dsb. Suatu bahan dikatakan konduktor apabila bahan tersebut mempunyai nilai k yang besar yaitu $> 4.15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, biasanya bahan tersebut terbuat dari logam. Sedangkan untuk isolator mempunyai nilai $k < 4.01 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, biasanya bahan tersebut terbuat dari bahan bukan logam. Nilai konduktivitas termal penting untuk menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi panas yang baik (*good conductor*) untuk nilai koefisien konduktivitas termal yang besar dan penghantar panas yang tidak baik (*good isolator*) untuk nilai koefisien panas yang kecil. Pada table 2.1 kita melaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan. Nilai konduktivitas termal suatu material dapat ditentukan melalui pengukuran tak langsung. Dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap beberapa besaran lain, maka nilai konduktivitas termal secara umum dapat ditentukan melalui persamaan 2.4 :

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

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan (cengel,2007)

	Bahan	Konduktivitas termal K W/m	Panas spesifik Cp J/Kg
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

2.3. Rusuk

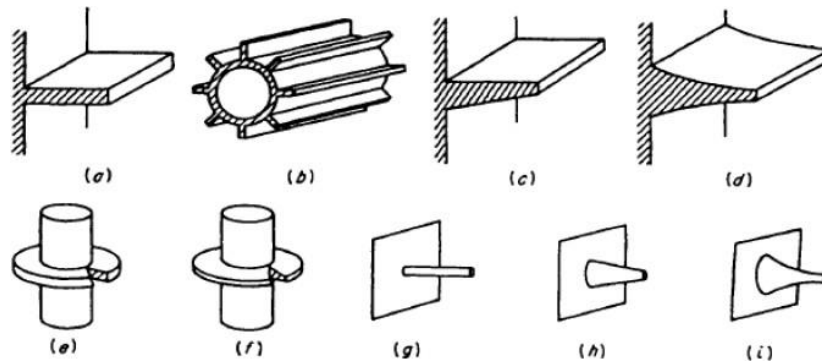
Rusuk atau Sirip berfungsi untuk mempercepat laju perpindahan panas dengan cara memperluas permukaan benda. Ketika suatu benda mengalami perpindahan panas secara konveksi, maka laju perpindahan panas dari benda tersebut dapat dipercepat dengan cara memasang rusuk atau sirip sehingga luas permukaan benda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

Istanto & Rokhadi, 2011 mengatakan ada berbagai tipe sirip pada alat penukar kalor yang telah digunakan diantaranya mulai dari bentuk yang relatif sederhana seperti sirip segiempat (rectangular), silindris, annular, tirus (tapered) atau pin sampai dengan kombinasi dari berbagai geometri yang berbeda dengan jarak yang teratur dalam susunan selang-seling (staggered) ataupun segaris (inline). Hal ini menjadi subjek dari suatu penelitian yang menarik dan luas karena perannya yang penting untuk berbagai aplikasi dalam dunia keteknikan.

Bentuk-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

Farid, 2012 mengatakan bahwa variasi tebal rusuk menunjukkan kecenderungan kurva yang sama, yaitu semakin besar angka Reynold semakin besar laju perpindahan panas yang dihasilkan. Tebal rusuk memperbesar laju perpindahan panas. Sedangkan pada aliran turbulen partikel-partikel fluida bergerak secara acak dengan kecepatan yang berubah-ubah yang saling berinteraksi antara gumpalan-gumpalan fluida yang tersuposisikan pada geseran viskos. Pada aliran turbulen tidak lagi adanya lapisan-lapisan fluida sehingga aliran fluida dapat diilustrasikan sebagai bongkahan-bongkahan fluida .



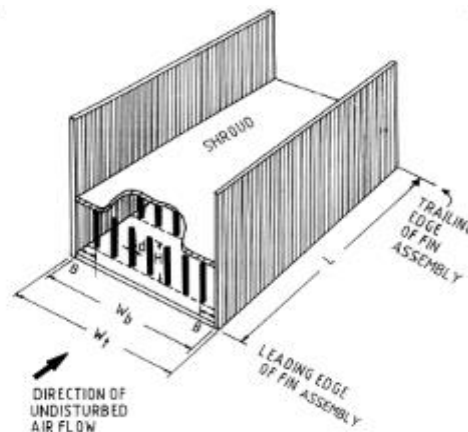
Gambar 2.4. Berbagai jenis rusuk (J.P Holman, 2010)

2.4. Aplikasi Rusuk

Perpindahan panas dari susunan sirip *pin* merupakan subjek yang sangat penting dengan banyak aplikasi keteknikan. Aplikasi tersebut mulai dari alat penukar panas kompak, boiler untuk turbin uap dan pendinginan internal 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 penukarkalor. Sirip juga banyak digunakan untuk pendinginan perangkat computer *heatshink*.

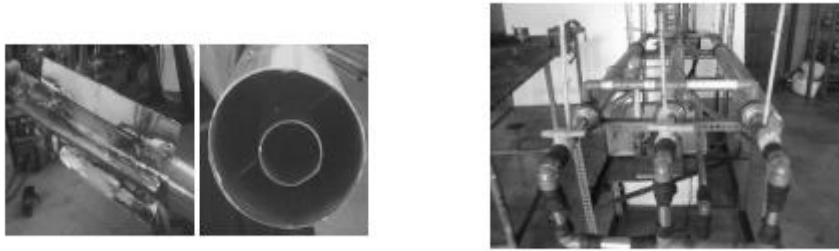
Salah satu tipe sirip pada peralatan penukar kalor yang mempunyai banyak pemakaian dalam berbagai aplikasi industri adalah sirip pin (Istanto, Rokhadi. 2011). Sirip pin adalah elemen berbentuk silinder atau bentuk lainnya yang dipasang secara tegak lurus terhadap dinding alat penukar panas, dengan fluida pendingin mengalir dalam arah aliran melintang (*crossflow*) terhadap elemen tersebut.

Istanto & Huda, 2009 melakukan pengujian karakteristik perpindahan panas dari sirip-sirip pin silinder susunan segaris dalam saluran segiempat dan hasilnya sirip pin silinder susunan segaris (*inline*) meningkatkan perpindahan panas dari permukaan base plate sebagai hasil dari kenaikan luasan permukaan perpindahan panas, tetapi disertai dengan adanya penurunan tekanan (*pressure drop*) yang lebih besar dalam saluran segiempat.



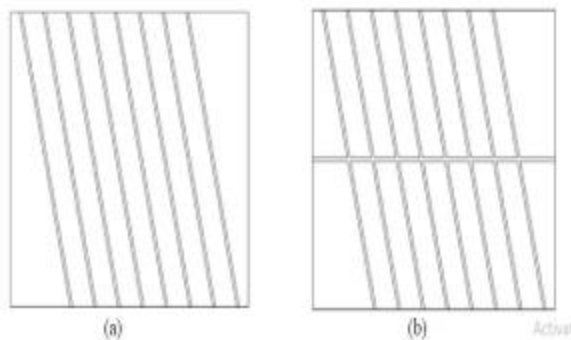
Gambar 2.5 Aplikasi Rusuk Silinder Pada Saluran Segiempat(Istanto & Huda, 2009)

Suswanto et al., 2015 melakukan penelitian perpindahan panas pada heat exchanger dobel pipa dengan sirip berbentuk siku empat dan hasilnya dari hasil pengujian didapat penurunan suhu pada alat penukar kalor pipa ganda dengan sirip siku empat, yang dimana dengan ukuran panjang plat 15 cm dan tebal 1,25 mili lebar 2 cm pengaturan jumlah sirip dan jarak sirip memberikan hasil yang berbeda.



Gambar 2.6 Aplikasi rusuk pada exchanger double pipa berbentuk siku empat (Suswanto et al., 2015)

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. 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.



Gambar 2.7 Mode plat aluminium kasar

(a) Model 1, (b) Model 2 Theeb, A. H. F., & Abdullah, M. (2019)

2.5. Parameter Tanpa Dimensi

Persamaan perpindahan panas konveksi berkaitan dengan variabel penting

yang dinamakan parameter tanpa dimensi (*dimensionless*). Parameter tanpa dimensi (*dimensionless*) yang digunakan dalam perhitungan perpindahan panas untuk permukaan bersirip dihitung sebagai berikut:

a. Bilangan Reynolds (Re)

Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan kriteria untuk menentukan dynamic similitude. Jika dua pola aliran yang mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju alir yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis

Bilangan reynold dihitung berdasarkan kecepatan rata-rata (V) dalam saluran halus (smooth duct) dan diameter hidrolis dari saluran (Dh) dan dinyatakan dengan :

$$Re = \frac{V \cdot Dh}{\nu} \quad (2.5)$$

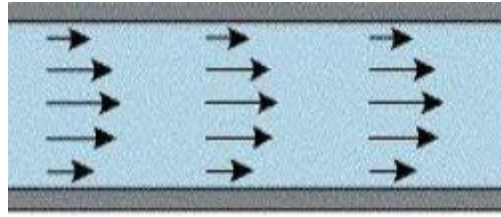
$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot Dh}{\mu} \quad (2.6)$$

b. Bilangan Nusselt (Nu)

Bilangan Nusselt adalah rasio pindah panas konveksi dan konduksi normal terhadap batas dalam kasus pindah panas pada permukaan fluida; bilangan Nusselt adalah satuan tak berdimensi yang dinamai menggunakan nama Wilhelm Nusselt. Komponen konduktif diukur di bawah kondisi yang sama dengan konveksi dengan kondisi fluida stagnan atau tidak bergerak. Bilangan Nusselt rata-rata dinyatakan dengan persamaan :

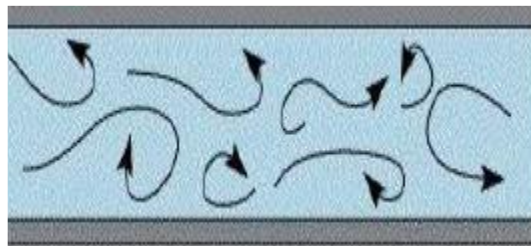
$$Nu = \frac{h \cdot Dh}{k} \quad (2.7)$$

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, aliran laminar mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2300 Re (Re < 2300).



Gambar 2.8 Aliran laminar (Suswanto et al., 2015)

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($Re > 4000$).



Gambar 2.9 Aliran turbulen (Suswanto et al., 2015)

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

$$D_h = \frac{4.A}{P} = \frac{4.H.Wb}{2(H+Wb)} \quad (2.8)$$

Properties udara, μ dan k dihitung berdasarkan temperatur udara rata-rata, $T_f = (T_{in} + T_{out})/2$ menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\mu = [4,9934 + 4,483 \times 10^{-2} (T_{in} + T_{out}/2)] \times 106 \text{ kg/m.s} \quad (2.9)$$

$$k = [3,7415 + 7,495 \times 10^{-2} (T_{in} + T_{out}/2)] \times 103 \text{ W/m.K} \quad (2.10)$$

Persamaan (2.9) dan (2.10) berlaku untuk udara pada tekanan atmosfer dan $250 \text{ K} \leq \frac{T_{In} + T_{Out}}{2} \leq 400 \text{ K}$

2.6. Perpindahan panas dan Faktor Gesekan

2.6.1. Perhitungan Perpindahan Panas

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

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

Input panas listrik dapat dihitung dari tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke permukaan. Kehilangan panas (heat loss) dari sistem bisa karena; radiasi dari permukaan dan konduksi melalui dinding-dinding saluran ke atmosfer. Sehingga Persamaan dapat ditulis menjadi :

$$Q_{elect} = Q_{conv} + Q_{rad} + Q_{cond} \quad (2.12)$$

Pada penelitian yang serupa, Naik et al (1987) dan Hwang dan Liou (1995) 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. Analisis data akan memuaskan jika persentase total heat loss, $(Q_{elect} - Q_{conv})/Q_{conv}$ kurang dari 10% (Naphon, P., 2007). Maka Persamaan (2) menjadi :

$$Q_{elect} = Q_{conv} \quad (2.13)$$

Tahanan panas dari permukaan bersirip dengan cara konveksi :

$$R = V \times I \quad (2.14)$$

Laju perpindahan panas dari permukaan bersirip dengan cara konveksi adalah :

$$Q_{elect} = \frac{V^2 \cdot \theta}{R} \quad (2.15)$$

Menghitung laju perpindahan panas dari persamaan (2.15), 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, $m = \rho \cdot At \cdot V$ menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{conv} = m \cdot C_p \cdot (T_{in} - T_{out}) \quad (2.16)$$

Panas yang dipindahkan dari permukaan bersirip dengan cara konveksi adalah :

$$Q_{con} = h \cdot As \left[T_b - \left(\frac{T_{in} + T_{out}}{2} \right) \right] \quad (2.17)$$

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

$$h = \frac{Nu \cdot k}{Dh} \quad (2.18)$$

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

$$m = \rho \cdot At \cdot V \quad (2.19)$$

Menghitung penurunan tekanan (*Pressure Drop*) Penurunan tekanan (*Pressure Drop*) dihitung dengan berdesarkan rumus.

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (2.20)$$

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

$$At = H \cdot Wb \quad (2.21)$$

2.6.2. Faktor gesekan (*Friction factor*)

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

$$f = \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{lt}{dh} \right) \left(\rho \frac{v^2}{2} \right) \right]} \quad (2.22)$$

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu

3.1.1. Tempat penelitian

Adapun tempat dilakukannya penelitian dan pembuatan ini dilaksanakan di laboratorium Fenomena Dasar Mesin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar 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. Alur Tugas Akhir

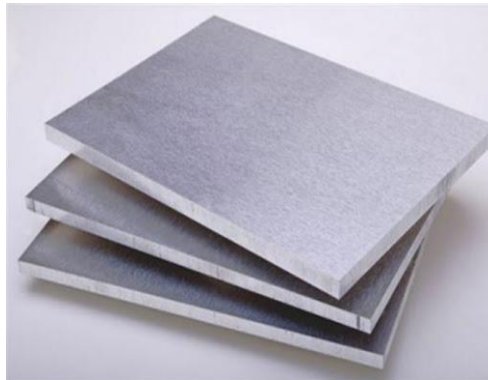
No	Uraian Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Litelatur		■				
3	Penyediaan alat dan bahan		■				
4	Penulisan proposal BAB 1 s/d BAB 3		■				
5	Seminar proposal			■			
6	Perancangan desain saluran segi				■		
7	Menganalisa perpindahan panas saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang				■		
8	Penulisan laporan akhir				■		
9	Seminar Hasil dan Sidang					■	

3.2 Bahan dan alat yang digunakan

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

1. Plat Alumunium *Alloy*

Plat Alumunium alloy untuk pembuatan rusuk lurus berlubang.dengan proses milling dan proses sekrap (Seperti pada gambar 3.1).



Gambar 3.1 Plat Alumunium alloy

2. 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 240 mm x 152 mm dan panjang 2440 mm. Seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Saluran Udara Segiempat

3. Blower

Blower merupakan modifikasi sedemikian rupa dari blower, prinsipnya adalah memanfaatkan sisi *suction* blower sehingga udara yang

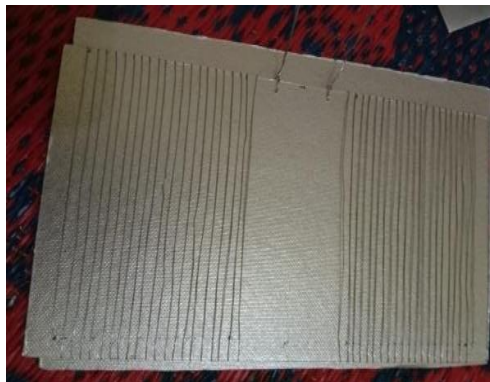
mengalir dalam saluran segiempat adalah udara yang dihisap oleh blower. Spesifikasi Tipe centrifugal air blower 3 in, daya 1,25 A, Tegangan, 380V



Gambar 3.3 Blower

4. 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 3.4



Gambar 3.4 Pemanas Listrik (*electric heater*)

5. Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

Terbuat dari sedotan plastik berdiameter 5 mm, panjang 200 mm yang disusun sedemikian sehingga membentuk segiempat dengan dimensi 240 mm x 152 mm, dipasang pada bagian udara masuk ke saluran udara segiempat. gambar 3.5



Gambar 3.5 Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

6. 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 3.6



Gambar 3.6 Manometer tipe U

7. 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 3.7



Gambar 3.7 Termokopel Tipe T

8. Thermocouple digital

Alat ini digunakan untuk menunjukkan nilai temperatur yang diukuroleh sensor termokopel. Seperti pada gambar 3.8



Gambar 3.8 *Thermocouple digital*

9. Anemometer

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



Gambar 3.9 Anemometer

10. Speed controler

Rheostat digunakan untuk mengatur putaran *fan* hisap agar didapatkan kecepatan aliran udara yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Speed controller

11. Thermostat

Thermostat digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik yang dibutuhkan *heater* untuk mencapai temperatur permukaan *base plate* yang diinginkan. Seperti pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Thermostat

12. Thermal grease

Thermal greas digunakan untuk merekatkan rusuk pada plat saluran udara segiempat agar rusuk tidak akan berpindah tempat dari posisinya akibat tiupan oleh fan blower

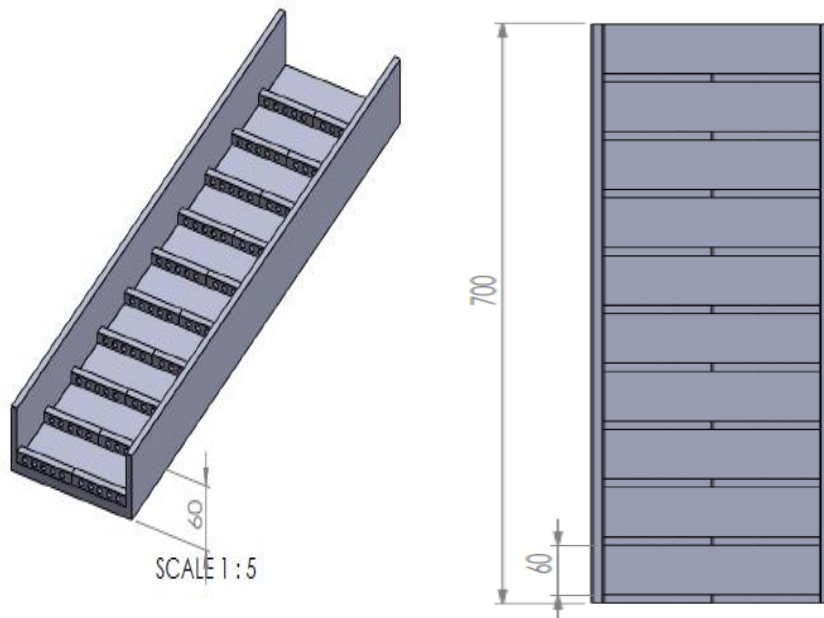


Gambar 3.12 Thermal grease

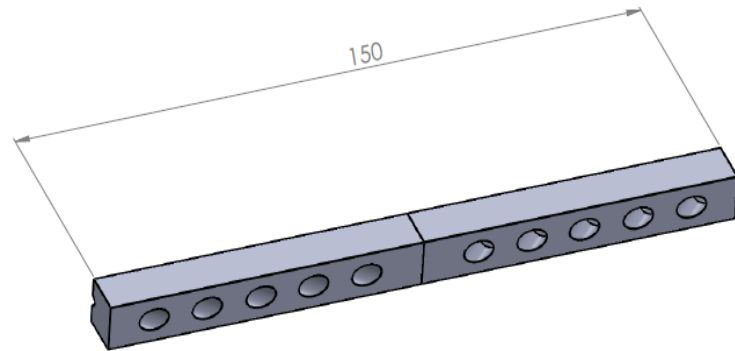
3.3 Alat yang akan diuji

Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang. Dimana penelitian ini menggunakan penambahan jumlah rusuk lurus berlubang. Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk 10 mm. sementara untuk diameter lubang tirus 3 – 5 mm berjumlah 10 lubang.

1. Rusuk



Gambar 3.13 Skema Rusuk lurus berlubang



Gambar 3.14 Rusuk Lurus Berlubang

Rusuk lurus berlubang yang di letakkan pada bagian saluran yang berfungsi untuk menghantarkan panas yang di hasilkan dari heater. Panas yang di hasilkan oleh heater akan di hantarkan ke rusuk lurus berlubang yang telah di letakkan tepat di atas heater.

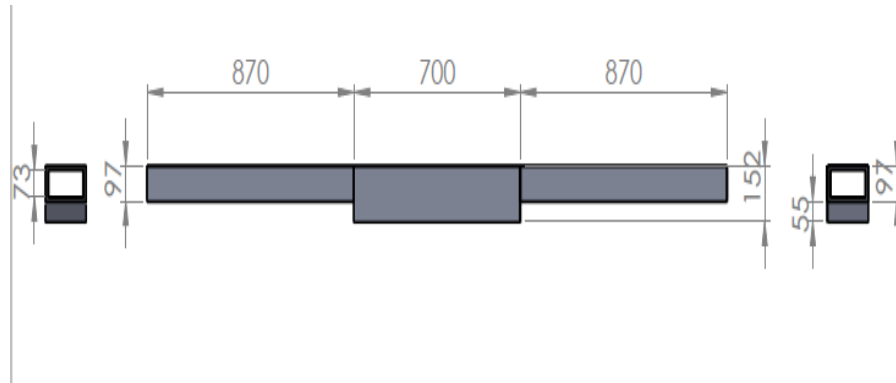


Gambar 3.15 Pemasangan rusuk pada base plate

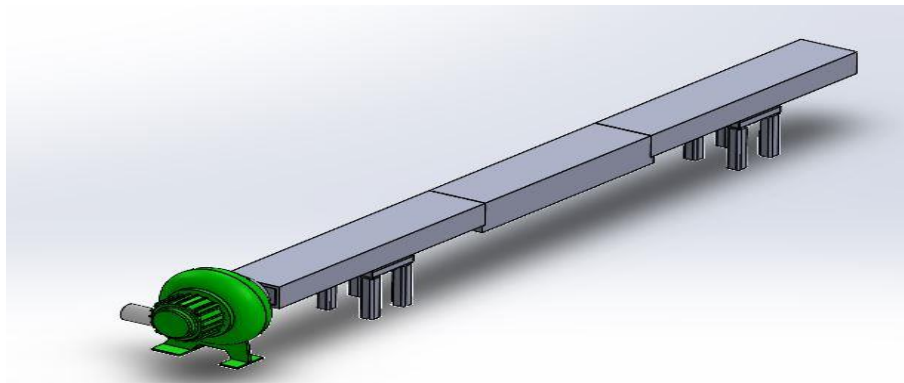
Pemasangan rusuk pada base plat yang nantinya akan dipanaskan heater. pemasangan menggunakan thermal grease sebagai perekat rusuk ke base plat

dengan fungsi menghindari rusuk berpindah atau bergeser akibat adanya udara yang mengalir pada saluran udara

2. Rancangan alat penelitian



Gambar 3.16 Skema saluran segiempat

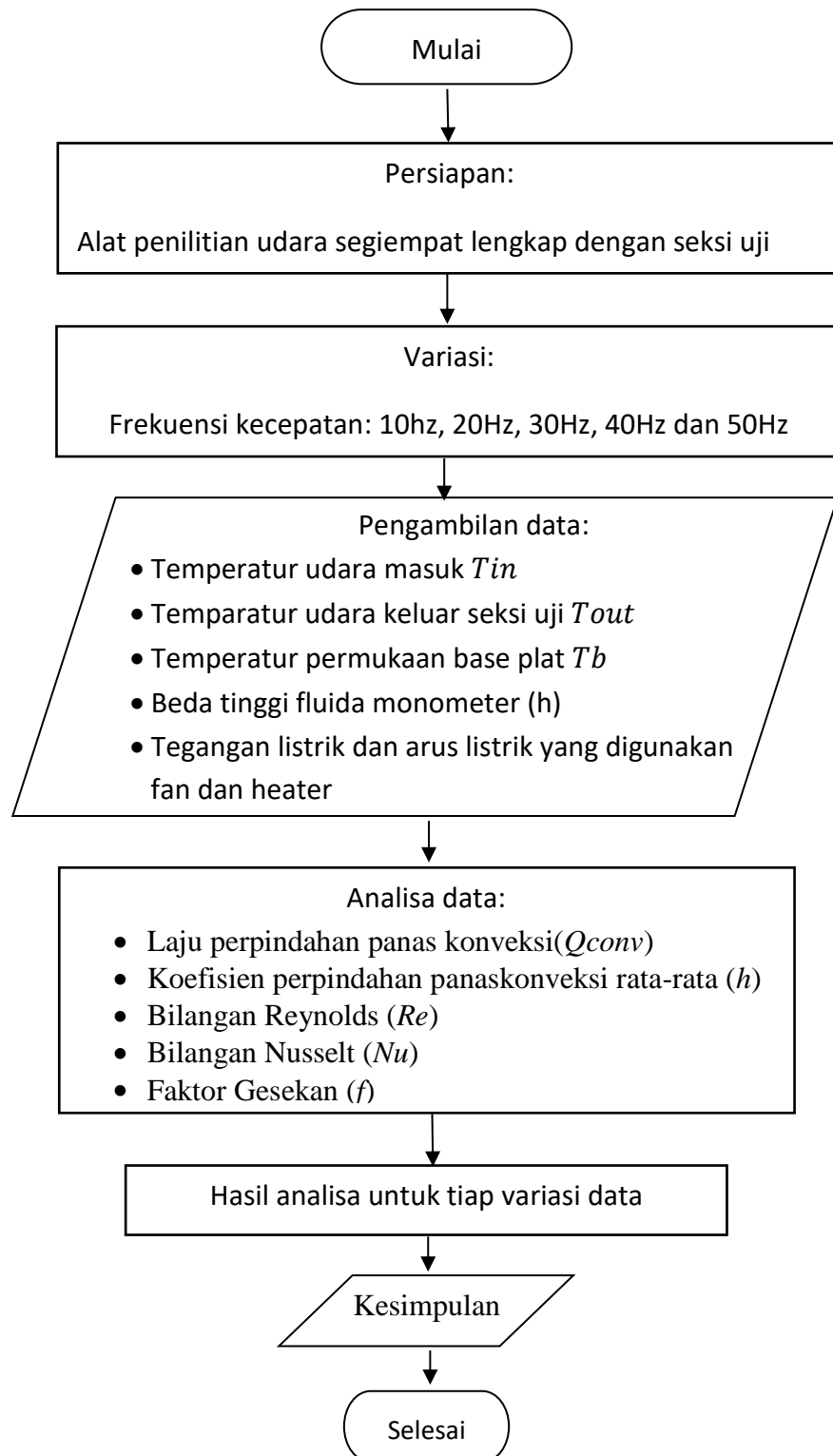


Gambar 3.17 Bagian – bagian komponen saluran segiempat

Pada penelitian perpindahan panas pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang, udara akan masuk pada bagian depan saluran yang dimana udara tersebut di hisap oleh blower dan melewati rusuk lurus berlubang yang telah di panaskan oleh heater, udara akan melewati saluran yang berfungsi untuk memperlambat laju udara yang terjadi pada saluran.

3. Diagram alir penelitian

Bagan Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.18 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah Prosedur percobaan sebagai berikut:

1. Memasang spesimen rusuk lurus berlubang kedalam saluran udara
2. Menghubungkan semua termokopel dengan *thermocouple digital*
3. Menghidupkan anemometer
4. Menghidupkan *fan* hisap
5. Mengatur kecepatan udara sebesar 1 m/s dengan mengatur putaran *fan hisap* menggunakan speed controler
6. Mengatur temperatur permukaan *base plate*
7. Biarkan aliran udara mengalir sampai suhu base plate stabil
8. Mencatat seluruh data temperatur dan beda tinggi fluida, manometer (h) setiap 15 menit .
9. Mencatat tegangan listrik dan arus listrik yang mengalir pada *heater* dan fan hisap
10. Mematikan *heater* setelah selesai mengambil data
11. Mematikan fan
12. Mengulangi langkah percobaan 1-10 untuk variasi kecepatan udara lain 1 m/s, dan 5 m/s
13. Mengulangi langkah percobaan 1-11 untuk menganalisa base plate tanpa rusuk
14. Mematikan alat setelah selesai mengambil semua data.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Pada bab ini akan dianalisis mengenai pengaruh bilangan reynolds terhadap karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan serta fungsi kerja rusuk lurus berlubang dalam saluran segiempat

Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan aliran udara antara frekuensi 10 hz – 50 hz. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh kecepatan aliran udara masuk, temperatur udara masuk pada rusuk, temperatur udara keluar pada rusuk, temperatur plat dasar, penurunan tekanan, serta tegangan listrik dan arus listrik yang disuplai ke heater dan fan hisap. Sistem dijalankan sampai didapat temperatur stabil pada setiap variasi pengujian. Proses pengambilan data dilakukan setiap 15 menit sekali hingga dicapai kondisi temperatur stabil.

Pengujian dilakukan di Laboraturium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dari hasil pengamatan pada proses pengambilan data yang terfokus pada kecepatan aliran udara masuk, temperatur udara masuk, temperatur udara keluar, temperatur plat dasar, penurunan tekanan, serta tegangan listrik yang disuplai pada heater dan fan hisap saat pengujian dilakukan.

4.2. Perhitungan Data

1. Perhitungan data dengan rusuk

Berikut akan dibahas cara menghitung data untuk variasi kecepatan aliran udara 10hz – 50 hz. Perhitungan ini meliputi perpindahan panas secara konveksi, koefisien perpindahan panas, faktor gesekan dan penurunan tekanan serta mencari nilai bilangan reynold masing masing. Contoh perhitungan pada kecepatan aliran udara 3,08 m/s.

Tabel 4.1. Data Hasil pengujian dengan rusuk lurus berlubang

F	Velocity	Tin rata rata	Tout rata rata	T ruang	Preasure drop
10hz	0,9474 m/s	32,19 °C	39,74 °C	31,21 °C	0
20hz	1,9795 m/s	32,02 °C	36,75 °C	31,23 °C	0,5
30hz	3,0878 m/s	32,08 °C	35,77 °C	31,2 °C	0,75
40hz	4,268 m/s	32,61 °C	35,64 °C	31,45 °C	1
50hz	5,2886 m/s	32,44 °C	34,86 °C	31,83 °C	1,75
Panjang saluran (L)			: 2440 mm = 2,44 m		
Lebar Saluran (Wb)			: 240 mm = 0,24 m		
Tinggi saluran (H)			: 152 mm = 0,152		
Tegangan Heater (Vh)			: 220 V		
Arus Heater (Ih)			: 1,8 A		
Tegangan fan (Vf)			: 380 V		
Arus fan (If)			: 1,25 A		
Ketinggian fluida manometer (h)			: 0,75 mm		

Pada percobaan kecepatan aliran udara 3,08 m/s diperoleh T_{in} sebesar 32,08 °C dan T_{out} sebesar 35,77 °C maka :

$$T_{in} \text{ rata rata} = T_{in} = 32,08 + 273 = 305,08 \text{ K}$$

$$T_{out} \text{ rata rata} = T_{out} = 35,77 + 273 = 308,77 \text{ K}$$

Temperatur film

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

$$T_f = \frac{(305,08 + 308,77)K}{2}$$

$$T_f = 306,925K$$

Appendix A-5 properties air 1 atmospheric pressure

Tabel 4.2. Appendix A-5 Properties of air 1 atm Temp. 306,925 K

Fluida property	Temperature udara 306,925 K
$\rho(Kg / m^3)$	1,156599
$Cp(J / Kg.K)$	1005,496
$\mu(Kg / m.s)$	$1,87647 \times 10^{-5}$
$k(W / m.K)$	0,026169
Pr	0,72664

Luas penampang saluran udara segiempat

$$A = H.Wb$$

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

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

Saluran segiempat dengan tinggi saluran 0,152 m dan lebar saluran 0,24 m Maka luas penampang pada saluran sebesar $0,036m^2$.

Diameter hidrolik saluran

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

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

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

$$Dh = 0,186m$$

Diameter saluran hidrolik adalah 0,186 m.

Laju aliran masa udara pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang.

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

$$m = 1,156599Kg / m^3 \times 0,036m \times 3,08m / s$$

$$m = 0,12824Kg / .s$$

Laju aliran udara yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang mendapatkan laju aliran udara sebesar 0,12824Kg/s.

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

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

$$Q_{conv} = 0,12824Kg / s \times 1,005496J / Kg.K \times (308,77K - 305,08K)$$

$$Q_{conv} = 0,4758KW = 475,8W$$

Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang pada kecepatan aliran udara 3,08m/s menghasilkan perpindahan panas konveksi sebesar 475,8 W.

Bilangan Reynold

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

$$Re = \frac{1,156599Kg / m^3 \times 3,08m / s \times 0,186m}{1,87647 \times 10^{-5} Kg / m.s}$$

$$Re = 35310,58$$

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

$$Nu0 = 0,023Re^{0,8} \times Pr^{0,4}$$

$$Nu0 = 0,023(35310,58)^{0,8} \times (0,72664)^{0,4}$$

$$Nu0 = 88,01$$

Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang.

$$h0 = \frac{Nu \times k}{Dh}$$

$$h0 = \frac{88,01 \times 0,026169}{0,186}$$

$$h0 = 12,3824W / m^2 .K$$

Maka

$$h = \frac{Q}{A(\Delta T)}$$

$$h = \frac{475,8W}{0,036m^2 \times 276,69K}$$

$$h = 47,767W / m^2 .K$$

Maka Bilangan Nusseltnya

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

$$Nu = \frac{47,767W / m^2 .K \times 0,186m}{0,026169}$$

$$Nu = 339,46$$

Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

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

$$\Delta P = 875Kg / m^3 \times 9,81m / s \times 0,00075m$$

$$\Delta P = 6,4378Pa$$

Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang

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

$$f = \frac{6,4378Pa}{\left[\left(\frac{24,4m}{0,186} \right) \left(1,156599Kg / m^3 \frac{3,08m / s}{2} \right) \right]}$$

$$f = 0,02755$$

2. Perhitungan data tanpa rusuk

Tabel 4.3. Data hasil pengujian tanpa beban

Frekuensi	Velocity	T in	T out	T ruang	Preasure drop
10	1,262	30	32,7	29,7	0
20	2,276	30,4	32,8	29,9	1
30	3,4	31	33,2	30,2	2
40	4,856	31,6	33,5	30,6	3
50	6,009	32,4	33,9	30,9	4

Panjang saluran (L)	: 2440 mm = 2,44 m
Lebar Saluran (Wb)	: 240 mm = 0,24 m
Tinggi saluran (H)	: 152 mm = 0,152 m
Tegangan Heater (Vh)	: 220 V
Arus Heater (Ih)	: 1,8 A
Tegangan fan (Vf)	: 380 V
Arus fan (If)	: 1,25 A
Ketinggian fluida manometer (h)	: 2 mm

Pada percobaan kecepatan aliran udara 3,08 m/s diperoleh T_{in} sebesar 31 °C dan T_{out} sebesar 33,2 °C maka :

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

$$T_{out} \text{ rata rata} = T_{out} = 33,2 + 273 = 306,2 \text{ K}$$

Temperatur film

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

$$T_f = \frac{(304 + 306,2)K}{2}$$

$$T_f = 305,1K$$

Appendix A-5 properties air 1 atmospheric pressure

Tabel 4.4 Appendix A-5 Properties of air 1 atm Temp. 305,1 K

Fluida property	Temperature udara 305,1 K
$\rho(Kg / m^3)$	1,161975
$Cp(J / Kg.K)$	1,005339
$\mu(Kg / m.s)$	$1,86844 \times 10^{-5}$
$k(W / m.K)$	0,026035
Pr	0,72736

Luas penampang saluran udara segiempat

$$A = H.Wb$$

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

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

Saluran segiempat dengan tinggi saluran 0,152 m dan lebar saluran 0,24, Maka luas penampang pada saluran sebesar $0,036m^2$.

Diameter hidrolik saluran

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

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

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

$$Dh = 0,186m$$

Diameter hidrolik saluran adalah 0,186 m.

Laju aliran masa udara pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang.

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

$$m = 1,161975Kg / m^3 \times 0,036 \times 3,4m / s$$

$$m = 0,14225Kg / .s$$

Laju aliran udara yang terjadi pada saluran segiempat dengan penambahan rusuk lurus berlubang mendapatkan laju aliran udara sebesar $0,14225Kg/s$.

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

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

$$Q_{conv} = 0,14225Kg / s \times 1,005496J / Kg.K \times (306,2K - 304K)$$

$$Q_{conv} = 0,31467KW = 314,67W$$

Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang pada kecepatan aliran udara 3,4m/s menghasilkan perpindahan panas konveksi sebesar 314,67 W.

Bilangan Reynold

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

$$Re = \frac{1,161975Kg / m^3 \times 3,4m / s \times 0,186m}{1,86844 \times 10^{-5} Kg / m.s}$$

$$Re = 3932869$$

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

$$Nu0 = 0,023Re^{0,8} \times Pr^{0,4}$$

$$Nu0 = 0,023(3932869)^{0,8} \times (0,72736)^{0,4}$$

$$Nu0 = 95,98$$

Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang.

$$h0 = \frac{Nu \times k}{Dh}$$

$$h0 = \frac{95,98 \times 0,026035}{0,186}$$

$$h0 = 13,435W / m^2.K$$

Maka

$$h = \frac{Q}{A(\Delta T)}$$

$$h = \frac{314,67W}{0,036m^2 \times 275,2K}$$

$$h = 31,7546W / m^2 \cdot K$$

Maka Bilangan Nusseltnya

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

$$Nu = \frac{31,7546W / m^2 \cdot K \times 0,186m}{0,026035}$$

$$Nu = 226,86$$

Penurunan tekanan terjadi pada saluran segiempat

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

$$\Delta P = 875Kg / m^3 \times 9,81m / s \times 0,002m$$

$$\Delta P = 17,1675Pa$$

Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan rusuk lurus berlubang

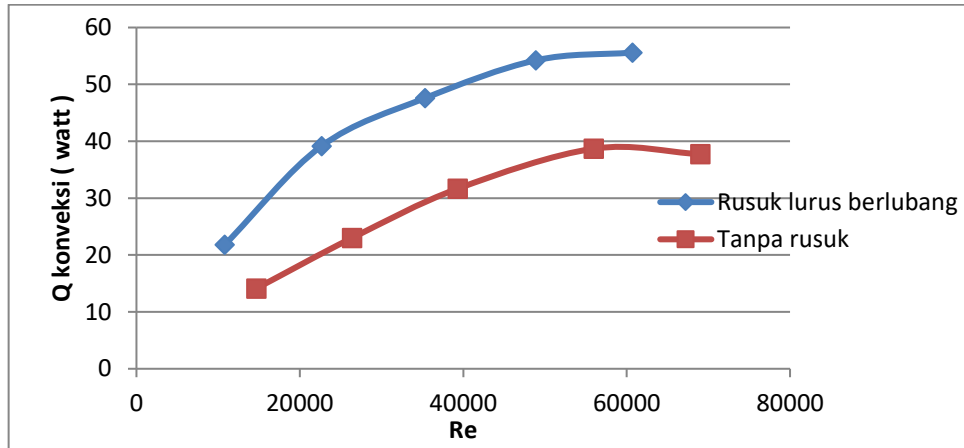
$$f = \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{Dh} \right) \left(\rho \frac{V^2}{2} \right) \right]}$$

$$f = \frac{17,1675Pa}{\left[\left(\frac{24,4m}{0,186m} \right) \left(1,161975Kg / m^3 \frac{3,4m / s}{2} \right) \right]}$$

$$f = 0,06624$$

4.3. Pembahasan

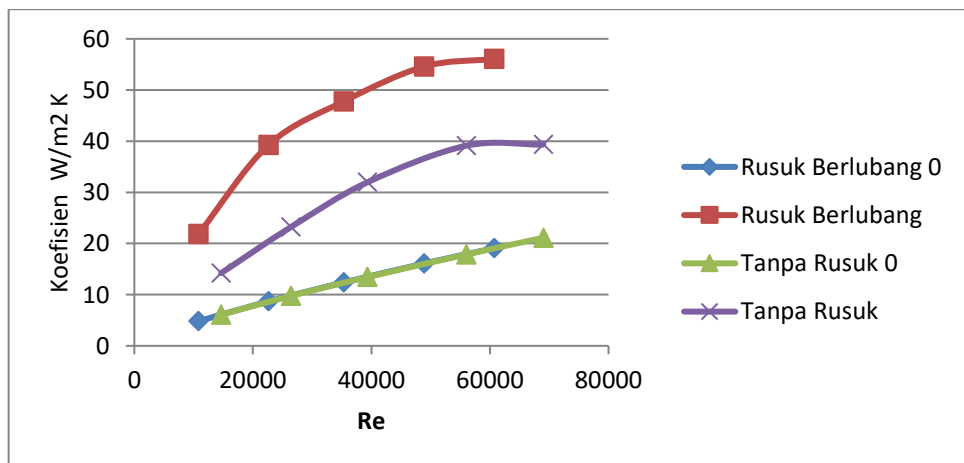
1. Pengaruh bilangan reynold terhadap laju perpindahan panas konveksi



Grafik 4.1 Pengaruh bilangan reynold terhadap laju perpindahan panas konveksi

Pada grafik 4.1 menunjukkan perilaku perpindahan panas konveksi rata-rata terhadap bilangan reynold dapat dilihat bahwa dengan kenaikan bilangan reynold, maka nilai rata-rata perpindahan panas konveksi semakin besar. Hal ini disebabkan laju aliran udara pada blower dapat meningkatkan konveksi perpindahan panas. Nilai perpindahan panas paling besar terjadi pada rusuk lurus berlubang sebesar 55,6 watt.

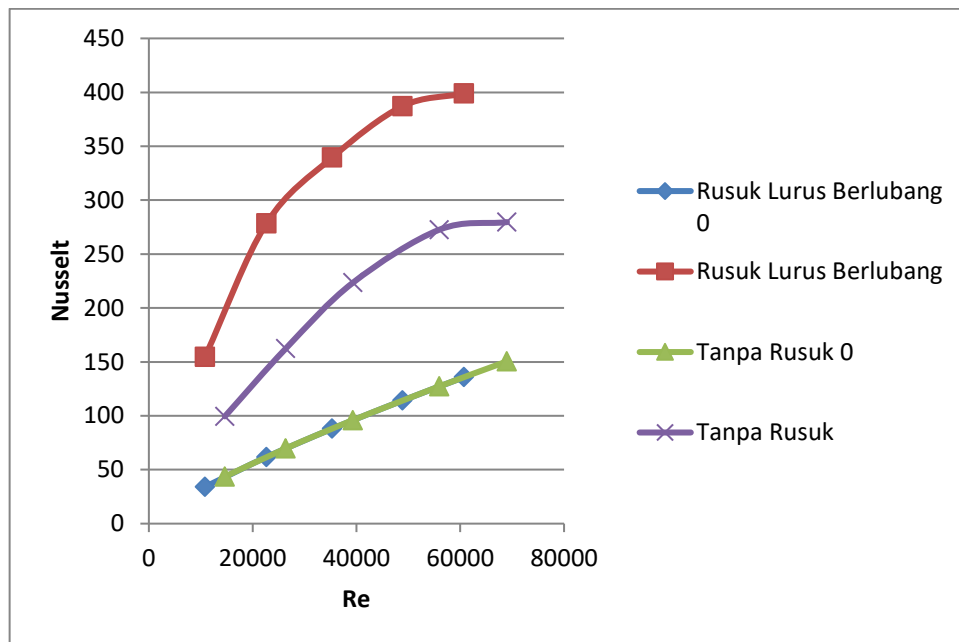
2. Pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi



Grafik 4.2 Pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi h ($W/m^2.k$)

Dari gambar grafik 4.2 dapat dilihat pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi h ($W/m^2.k$). Semakin meningkat nilai koefisien konveksi maka akan semakin besar nilai bilangan reynoldnya. Hal ini disebabkan oleh laju aliran udara pada perpindahan panas konveksi dari saluran udara, sehingga koefisien perpindahan panasnya akan semakin meningkat, Nilai koefisien perpindahan panas konveksi pada rusuk lurus berlubang sebesar $56,07597286 W/m^2.k$.

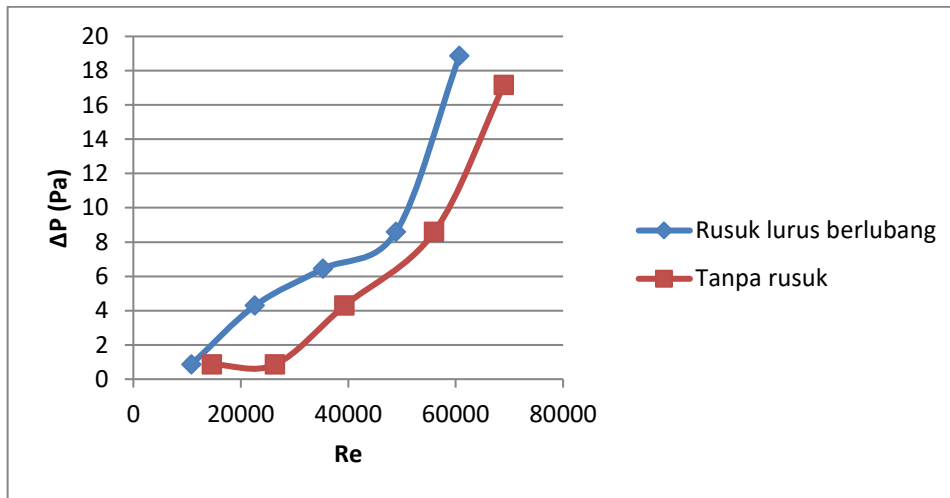
3. Pengaruh bilangan reynold terhadap bilangan Nusselt



Grafik 4.3 Pengaruh bilangan reynold terhadap bilangan nusselt

Pada grafik 4.3 pengaruh bilangan reynold terhadap bilangan nusselt. Semakin besar nilai bilangan reynold maka akan semakin besar pula nilai bilangan nusselt. Hal ini disebabkan oleh naiknya koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran udara akibat laju aliran udara pada blower. Sehingga terjadinya aliran turbulen membuat partikel-partikel udara mengalir secara acak pada permukaan saluran tersebut. Terlihat pada bilangan reynold dengan adanya rusuk dan tanpa adanya rusuk dengan kenaikan bilangan nusseltnya. Nilai bilangan nusslet pada rusuk lurus berlubang sebesar 398,8562549

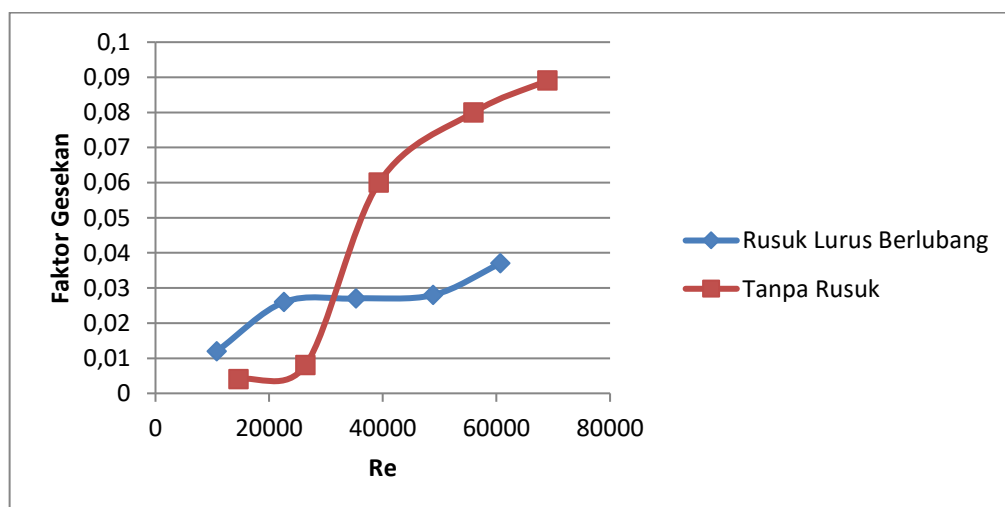
4. Pengaruh bilangan reynold terhadap penurunan tekanan



Grafik 4.4 Pengaruh bilangan reynold terhadap penurunan tekanan

Dari grafik 4.4 pengaruh bilangan reynold terhadap penurunan tekanan (Pa). Semakin besar nilai bilangan reynold maka akan semakin meningkatnya penurunan tekanan yang terjadi. Penurunan tekanan yang terjadi pada perpindahan panas yang menggunakan rusuk lebih besar dibanding yang tanpa rusuk, dengan ini disimpulkan adanya rusuk terjadi penurunan tekanan yang signifikan. nilai penurunan tekanan maksimum terjadi pada plat rusuk berlubang nilainya sebesar 18,87 Pa .

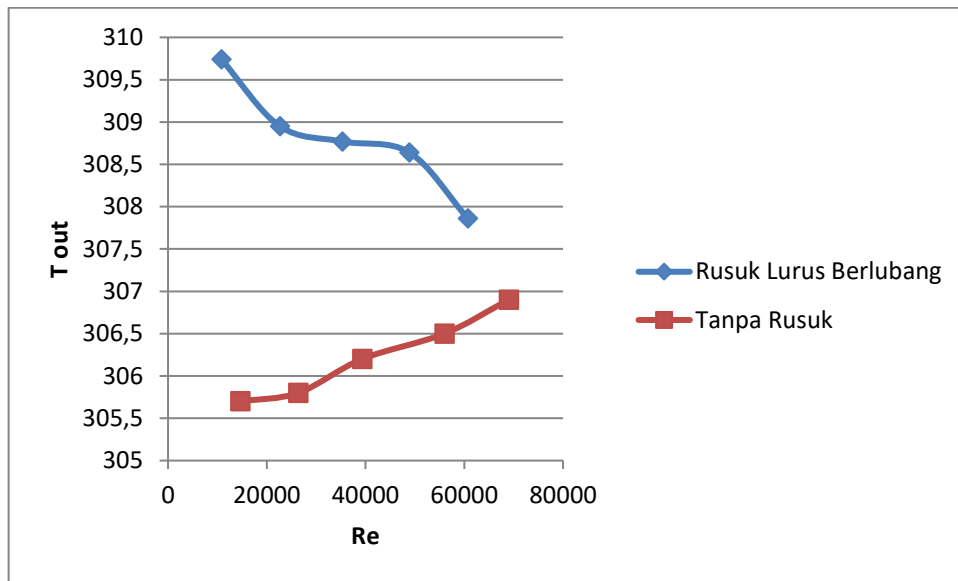
5. Pengaruh bilangan reynold terhadap faktor gesekan



Grafik 4.5 Pengaruh bilangan reynold terhadap Faktor gesekan

Dari grafik 4.5 Pengaruh bilangan reynold terhadap faktor gesekan. Semakin besar nilai bilangan reynold maka akan semakin besar pula faktor gesekan yang terjadi. Hal ini disebabkan dengan semakin tingginya bilangan reynold maka kecepatan aliran udara semakin tinggi. Dimana nilai faktor gesekan yang terjadi sangat berpengaruh terhadap kecepatan udara, sehingga faktor gesekan akan semakin tinggi.

6. Pengaruh bilangan reynold terhadap T_{out}



Grafik 4.6 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T_{out}

Dari grafik 4.6 Pengaruh bilangan reynold terhadap temperatur udara keluar. Semakin besar nilai bilangan reynold maka akan semakin menurun temperatur udara keluar pada rusuk lurus berlubang sedangkan tanpa rusuk mengalami kenaikan temperatur. Hal ini disebabkan terjadinya perluasan permukaan pada temperatur rusuk. Kecepatan aliran udara sangat berpengaruh terhadap temperatur keluar dan pengaruh rusuk juga mempengaruhi menurunkan temperatur keluar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dibahas, diperoleh kesimpulan mengenai pengujian analisa perpindahan panas dan penurunan tekanan pada saluran segiempat sebagai berikut :

1. Rusuk lurus berlubang meningkatkan perpindahan panas dari permukaan *base plate* sebagai hasil dari kenaikan luasan permukaan perpindahan panas, tetapi disertai dengan adanya penurunan tekanan lebih besar dalam saluran segiempat.
2. Kenaikan bilangan reynold meningkatkan laju aliran perpindahan panas, tetapi menurunkan unjuk kerja termal.
3. Faktor gesekan yang terjadi pada saluran segiempat dipengaruhi oleh kecepatan udara yang masuk pada saluran. Dan pengaruh rusuk pada plat yang terdapat dalam saluran segiempat juga memperkecil faktor gesekan yang terjadi
4. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan perpindahan panas yang paling baik terjadi pada plat dengan rusuk, hal ini disebabkan penurunan temperatur yang cukup baik

5.2. Saran

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh dari penelitian tentang pengujian karakteristik perpindahan panas dan penurunan tekanan pada sirip-sirip pin ellips susunan selang-seling dalam saluran segiempat ini, direkomendasikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Temperatur udara lingkungan harus diperhatikan agar temperatur udara yang masuk kedalam saluran lebih stabil, karena perbedaan temperatur yang tinggi sangat mempengaruhi udara yang masuk kesaluran
2. Mengkalibrasi alat alat penelitian hal ini meminimalisir kesalahan saat pengambilan data
3. Untuk studi selanjutnya diharapkan memperbaharui untuk saluran udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, R. S. DOWNLOAD BUKU GRATIS LENGKAP THERMODYNAMICS, HEAT TRANSFER, AND FLUID FLOW.
- Baskoro, P. (2016). *KARAKTRISTIK PERPINDAHAN PANAS DA PENURUNAN TEKANAN PIN FIN OBONG INOVATIF PADA TRAILING EDGE BLADE TURBIN GAS* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Dandy, D. S., & Dwyer, H. A. (1990). A sphere in shear flow at finite Reynolds number: effect of shear on particle lift, drag, and heat transfer. *Journal of Fluid Mechanics*, 216, 381-410.
- Hakim, L. (2019). Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di Tinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh. *Jurnal Surya Teknik*, 1(04), 50–55. <https://doi.org/10.37859/jst.v1i04.1188>
- Hooman, K. (2008). A perturbation solution for forced convection in a porous-saturated duct. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 211(1), 57–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cam.2006.11.005>
- Istanto, T., & Huda, M. (2009). *PENGUJIAN KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS DAN FAKTOR GESEKAN DARI SIRIP-SIRIP PIN SILINDER*
Abstract : 7, 7–14.
- 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.
- Li, Y., Deng, H., Xu, G., & Tian, S. (2015). Heat Transfer and Pressure Drop in a Rotating Two-Pass Square Channel With Different Ribs at High Rotation Numbers. In *ASME Turbo Expo 2015: Turbine Technical Conference and Exposition*. <https://doi.org/10.1115/GT2015-44019>
- Liu, J., Hussain, S., Wang, W., Wang, L., Xie, G., & Sundén, B. (2019). Heat Transfer Enhancement and Turbulent Flow in a Rectangular Channel Using Perforated Ribs With Inclined Holes. *Journal of Heat Transfer*, 141(4). <https://doi.org/10.1115/1.4042841>
- Pane, E. A., Ismail, I., Yudhanto, F. D., & Suyitno, B. (2019). Analisis Penurunan Tekanan Aliran Udara Pada Pipa Bertekanan. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 13. <https://doi.org/10.36055/fwl.v1i1.3111>
- Rasool, A., & Qayoum, A. (2018). Numerical investigation of fluid flow and heat transfer in a two-pass channel with perforated ribs. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 26(4), 2009–2029.

- SriHarsha, V., Prabhu, S. V., & Vedula, R. P. (2009). 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(11-12), 2444-2459.
- Sriyana, F. (1996). Pressure Drop Calculation on the UUTR Canal Test; Perhitungan Penurunan Tekanan pada Kanal uji UUTR.
- Suswanto, Mustaqim, & Wibowo, A. (2015). Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan Sirip Berbentuk Siku Empat. *Jurnal Bidang Teknik*, 10(1), 47-53.
- Umurani Khairul; Arya Rudi Material, J. R., Energi, M., Dengan, S., & Derajat, R. V. (2021). *Ft-Umsu Ft-Umsu*. 4(1), 37-46.
- Umurani, K., Muharnif, M., & Siregar, A. M. (2021). Analisa Numerik Pengaruh Diameter Lubang Berperforasi Rusuk V Terhadap Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)/Journal MESIL (Machine Electro Civil)*, 2(1), 54-65.
- Wang, C., Zhang, Q., Shen, S., Yan, X., Zhu, F., Cheng, X., & Zhang, J. (2017). The respective effect of under-rib convection and pressure drop of flow fields on the performance of PEM fuel cells. *Scientific Reports*, 7(1), 1-9.
- Mehendale, A. B., & Je-Chin, H. (1993). Reynolds number effect on leading edge film effectiveness and heat transfer coefficient. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 36(15), 3723-3730.

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

Rusuk Berlubang

Frekuensi	Velocity(m/s)	T in(°C)	T out(°C)	Delta T(°C)	Tf(°C)	Manometer(mm)	L(m)	Wb(m)
10	0.9474	32.19	36.74	4.55	34.465	0	2.44	0.24
20	1.9795	32.02	35.95	3.93	33.985	0.5	2.44	0.24
30	3.0878	32.08	35.77	3.69	33.925	0.75	2.44	0.24
40	4.268	32.61	35.64	3.03	34.125	1	2.44	0.24
50	5.2886	32.44	34.86	2.42	33.65	1.75	2.44	0.24

Appendix 1 atm pressure

Tf(K)	ρ (Kg/m ³)	Cp(kj/kg)	μ (x 10 ⁻⁵)	k(W/m-C)	Pr	Delta T (K)	R(ohm)	Ih(A)
307.465	1.15352038	1.00558542	1.881068	0.02624778	0.726212	277.55	140	1.8
306.985	1.15525852	1.00553468	1.878472	0.0262352	0.72628	276.93	140	1.8
306.925	1.15659895	1.00549555	1.87647	0.0261686	0.72664	276.69	140	1.8
307.125	1.15599502	1.00551318	1.877372	0.02622114	0.726356	276.03	140	1.8
306.65	1.1574091	1.0054719	1.87526	0.0261501	0.72674	275.42	140	1.8

Data Perhitungan

m(Kg/s)	Q konveksi (Watt)	Reynold	Nusselt 0	Koefisien W/m ² K 0	Penurunan Tekanan(Pa)	Faktor Gesekan	Koefisien W/m ² K	Nusselt
0.039	218	10806.04	34.039	4.803	0.8583	0.012	21.81789067	154.6084151
0.0823	391.4	22643.47	61.68	8.699	4.292	0.026	39.25982097	278.3408055
0.12824	475.8	35310.53	88.01	12.382	6.4378	0.027	47.76705579	339.5165342
0.178	542.3	48881.32	114.15	16.092	8.5837	0.028	54.57337568	387.1169551
0.2203	556	60717.21	135.809	19.093	18.87	0.037	56.07597286	398.8562549

Tanpa Rusuk

Frekuensi	Velocity(m/s)	T in(°C)	T out(°C)	Delta T(°C)	Tf(°C)	Manometer(mm)	L(m)	Wb(m)	H(m)
10	1.262	30	32.7	2.7	31.35	0.1	2.44	0.24	0.152
20	2.276	30.4	32.8	2.4	31.6	0.1	2.44	0.24	0.152
30	3.69	31	33.2	2.2	32.1	0.5	2.44	0.24	0.152
40	4.856	31.6	33.5	1.9	32.55	1	2.44	0.24	0.152
50	6.009	32.4	33.9	1.5	33.15	2	2.44	0.24	0.152

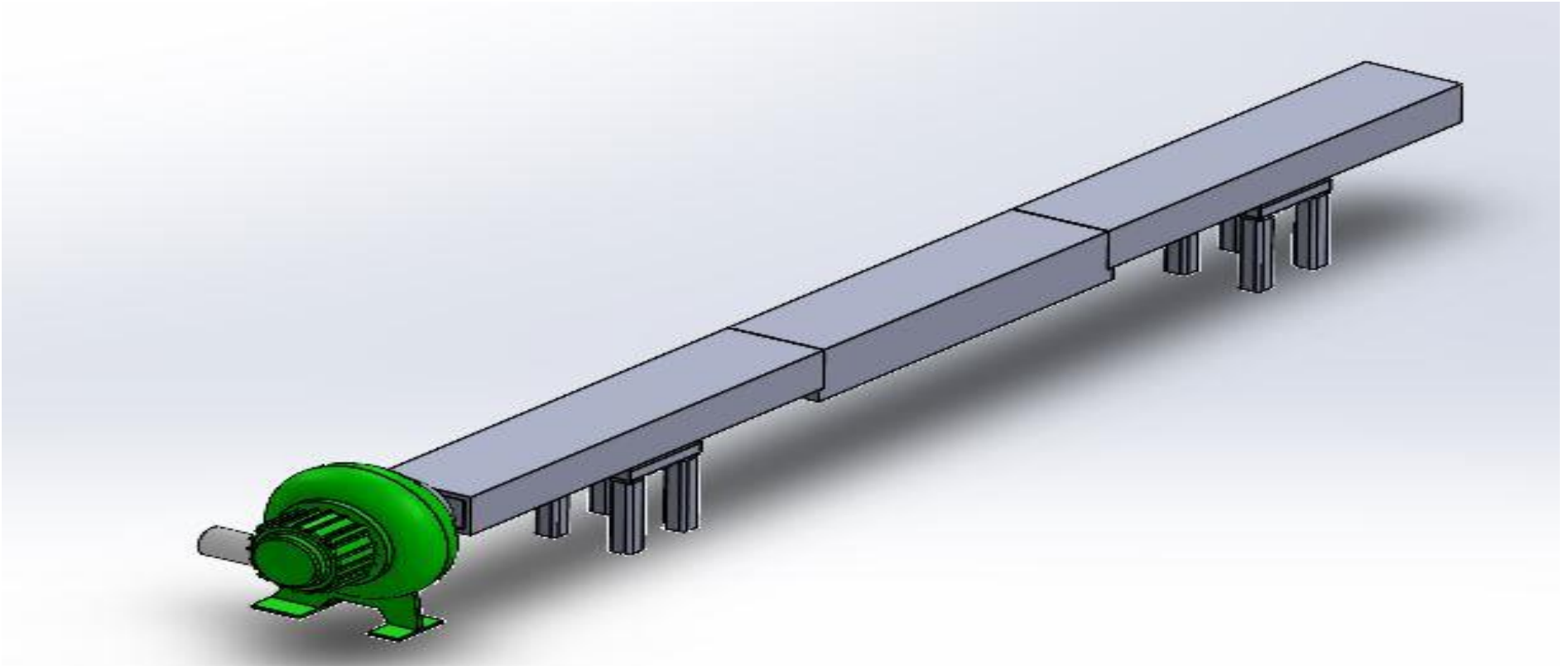
Appendix 1 atm

Tf(K)	ρ (Kg/m ³)	Cp(kj/kg)	μ (x10 ⁻⁵)	k(W/m-C)	Pr	Delta T (K)	R(ohm)	Ih(A)	If(A)
304.35	1.165739	1.005915	1.98898	0.026586	0.707285	275.7	140	1.8	1.25
304.6	1.1623304	1.005977	1.990728	0.026558	0.707076	275.4	140	1.8	1.25
305.1	1.1601776	1.006017	1.991832	0.026604	0.706944	275.2	140	1.8	1.25
305.55	1.1565896	1.006083	1.993672	0.02668	0.706724	274.9	140	1.8	1.25
306.15	1.1538986	1.006132	1.995052	0.0261648	0.706559	273.5	140	1.8	1.25

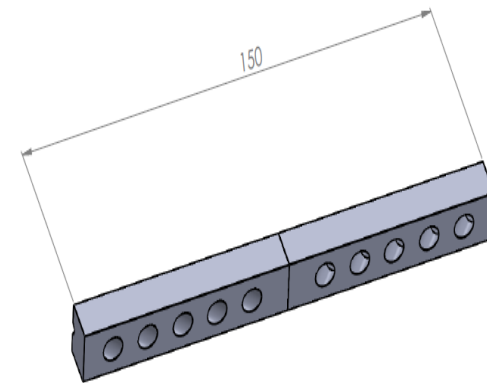
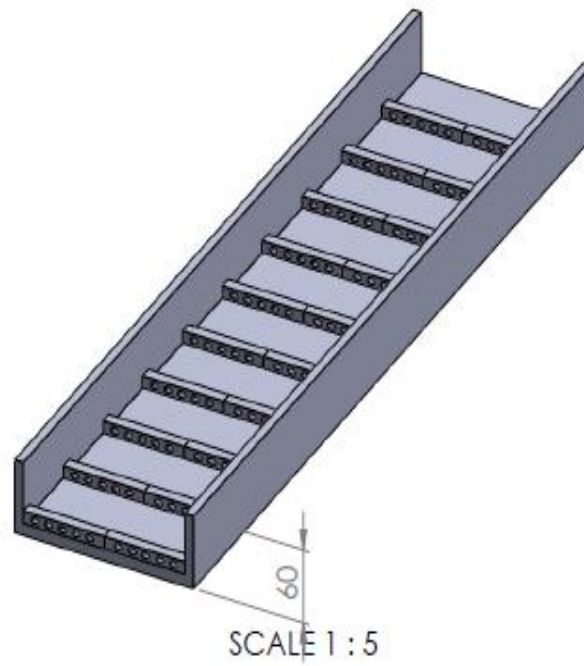
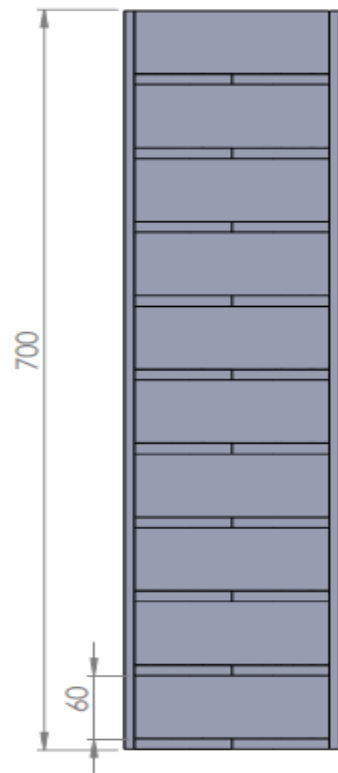
Data perhitungan

m(Kg/s)	Q konveksi (Watt)	Reynold	Nusselt 0	Koefisien W/m ² K 0	Penurunan Tekanan(Pa)	Faktor Gesekan	Koefisien W/m ² K	Nusselt	T out (K)
0.052	141.1	14651.52	43.571	6.086	0.8583	0.004	14.21633821	99.45982498	305.7
0.0953	229.93	26391.53	69.76	9.7506	0.8583	0.008	23.19151941	162.4227204	305.8
0.14425	316.7	39328.69	95.98	13.435	4.2918	0.06	31.96665052	223.492595	306.2
0.2026	387	55977.92	127.29	17.85	8.5837	0.08	39.10512914	272.6219648	306.5
0.2502	387.3	68997.45	150.44	21.12	17.1675	0.0891	39.33577087	279.6296315	306.9

Gambar Saluran Segiempat



Gambar Rusuk Lurus Berlubang



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

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

Nama : ANDRE RAHDIANTO

Npm : 1707230001

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

No.	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pembelian Spesifikasi Tugas	kh.
		- Perbaiki Tujuan Penelitian	kh
		- Perbaiki Tinjauan Pustaka	kh
		- Lengkapi Turunan yang digunakan	kh
		- Perbaiki Metode	kh
		- Lengkapi prosedur Penelitian	kh
		- Acc Seminar Proposal	kh.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

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

Nama : Andre Rahdianto

Npm : 1707230001

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

No.	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		Perbaiki Penulisan Rumus	le
		Perbaiki Interpolasi	le
		Perbaiki Tabel	le
		Tambahkan Analisa data	le
		Tambahkan Rumus Perbandingan	le
		Lihat buku Statistika	le
		Tambahkan Contoh	le
		Analisa Data	le
		Perbaiki kesimpulan	le
		Ace, semua hasil	le



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila mendapat surat ini agar dibuktikan nomor dan tanggalnya

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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 39/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

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2002/II.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 06 Desember 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : ANDRE RAHDIANTO
Npm : 1707230001
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN PENAMBAHAN RUSUK LURUS BERLUBANG

Pembimbing : KHAIRUL UMURANI, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 02 Jumadil Awwal 1443 H

06 Desember 2021 M



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

Peserta seminar

Nama : Andre Rahdianto

NPM : 1707230001

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

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT			.....
Pemanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT			.....
Pemanding – II : Arya Rudi Nst, ST, MT			.....
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230003	Mahamud. Fara. Sempulu	.....
2	1707230042	IKHSAN ABDILLAH	.....
3	1807230137	DEDE PRAYOGA S.	.....
4	1807230046	FITRA ALBAR	.....
5	1807230074	M Razi Sapha	.....
6	1807230017	PARIS SYAHPUTRA	.....
7	1807230093	ARI PRAYOGI NASUTION	.....
8			
9			
10			

Medan, 25 Shafar 1444 H
22 September 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Andre Rahdianto
NPM : 1707230001
Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segi Empat Dengan Penambahan Rusuk Lurus Berlubang

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

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Ruang lingkup ditambah sesuai dengan pembaharuan
 - Penulisan sesuai template
 - Rujukan ditambah
 - Kuasan materi
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

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

Medan 25 Shafar 1444 H
22 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II

Arya Rudi Nst, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Andre Rahdianto
Jenis Kelamin : Laki Laki
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 29 November 1999
Alamat : Jln. Rawe 7 Link.10 Kel.Tangkahan Kec.Medan
Labuhan Kota Medan Provinsi Sumatera Utara
Agama : Islam
Email : andrerahdianto@gmail.com
No. Hp : 082184648547

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD NEGERI 067269 Medan Tahun 2005 – 2011
2. SMPN 25 Medan Tahun 2011 – 2014
3. SMKN 1 Percut Sei Tuan Tahun 2014 – 2017
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 - 2022