TUGAS AKHIR

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA SALURAN SEGIEMPAT DENGAN BELOKAN 180^0 DENGAN RUSUK V

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

Disusun Oleh:

JODY KURNIAWAN
1607230102

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Jody Kurniawan
NPM	: 1607230102
Program Studi	: Teknik Mesin
Judul Skripsi	: Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segi Empat Dengan Belokan 180^0 Dengan 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, April 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

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: Jody kurniawan
Tempat /Tanggal Lahir	: Indrapura/ 08 Maret 1997
NPM	: 1607230102
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

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

"Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Belokan 180^0 Dengan 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 ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

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

Medan, 08 Maret 2021
Saya yang menyatakan,

Jody Kurniawan

iii

ABSTRAK

Pada penelitian ini menggunakan saluran segiempat dengan penambahan belokan 180°. Dimensi dalam pada saluran memiliki dimensi dengan panjang 3540 mm, lebar 150 mm dan tinggi 75 mm. Elemen yang digunakan pada saluran menggunakan rusuk V dengan sudut 90°, material yang digunakan rusuk V menggunakan besi. Dalam penelitian ini menggunakan rusuk V 2 dan 3 memiliki dimensi rusuk dengan Tebal rusuk 10 mm,panjang 200 mm dan tebal 150 mm. Parameter yang di variasikan dalam penelitian adalah 1 m/s,2m/s,3m/s,4m/s dan 5 m/s . Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang baik adalah dengan menggunakan 3 rusuk V. Pada percobaan dengan kecepatan udara 5 m/s di peroleh konveksi perpindahan panas sebesar 307,9178 w, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,24810253 w/m2.K ,*pressure drop* tertinggi sebesar 56,79231687 Pa dan faktor gesekan yang terjadi sebesar 0,166271186. Sehingga dari hasil percobaan tersebut 3 rusuk V lebih baik di bandingakan 2 rusuk V.

Kata kunci : Bilangan Reynold, Saluran segiempat dengan belokan 180°, jumlah rusuk V 2 dan 3

ABSTRACT

In this study using a rectangular channel with the addition of 180 ° bends. The inner dimensions of the duct have dimensions of 3540 mm in length, 150 mm in width and 75 mm in height. The elements used in the channel use the V rib with an angle of 90 °, the material used the V side uses iron. In this study, the ribs V 2 and 3 have rib dimensions with a rib thickness of 10 mm, a length of 200 mm and a thickness of 150 mm. The parameters varied in the study were 1 m / s, 2m / s, 3m / s, 4m / s and 5 m / s. From the experimental results, a good heat transfer is obtained using 3 V-ribs. In experiments with air velocity of 5 m / s, the convection of heat transfer is 307.9178 w, the highest convection heat transfer coefficient is 19,24810253 w / m2. , the highest pressure drop is 56.79231687 Pa and the friction factor that occurs is 0.166271186. So that from the results of the experiment, 3 V ribs are better than 2 V ribs.

Key words: Reynold's number, quadrilateral channel with 180 turns, number of edges V 2 and 3

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Belokan 180^0 Dengan Rusuk V"sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

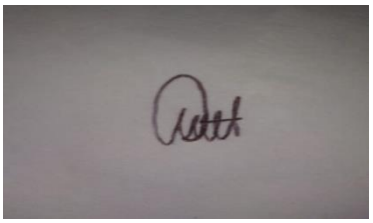
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

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 Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T,.M.T. selaku Dosen Penguji I dan sekaligus Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A. Siregar, S.T., M.T, Selaku Dosen Penguji II dan sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T,.M.T selaku Seketaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah mendidik dan memberikan banyak ilmu pengetahuan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Sutarjo dan Ibu Sugiani, yang telah merawat dan membesarkan penulis, dan selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat- sahabat penulis: Eka Mairani, Jodi rorian Akbar, Dedek Irwansyah, Rahmad Husein ,Riza, dan teman teman yang tidak bisa di sebutkan satu persatu. Yang telah membantu dan menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh Kader-kader Himpunan Mahasiswa Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang selalu memberi semangat dan masukan kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Mesin.

Medan, 20 Januari 2021



Jody Kurniawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN **ii**
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR **iii**
ABSTRAK **iv**
ABSTRACT **v**
KATA PENGANTAR **vi**
DAFTAR ISI **viii**
DAFTAR TABEL **x**
DAFTAR GAMBAR **xi**
DAFTAR NOTASI **xii**
DAFTAR GRAFIK **xiii**

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan masalah 2
1.3. Ruang lingkup 2
1.4. Tujuan 3
1.5. Manfaat 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1. Tinjauan Pustaka 4
2.2. Perpindahan Panas 6
2.3. Mekanisme Perpindahan Panas 7
2.3.1. Perpindahan Panas Konduksi 7
2.3.2. Perpindahan Panas Konveksi 8
2.3.3. Perpindahan Panas Radiasi 9
2.4. Sifat Termal Bahan 9
2.4.1. Konduktivitas Panas 10
2.5. Perhitungan Perpindahan Panas 11
2.5.1. Perpindahan Panas (*head transfer*) 11
2.5.2. Faktor Gesekan 12
2.5.3. Parameter tanpa dimensi 13
2.6. Pengaplikasian Rusuk Terhadap Saluran Segiempat 15
2.7. Rusuk 16

BAB 3 METODOLOGI **19**
3.1. Tempat dan Waktu 19
3.1.1 Tempat 19
3.1.2. Waktu 20
3.2. Bahan Dan Alat 20
3.2.1. Bahan 20
3.2.2. Alat Penelitian 23
3.3. Bagan Alir 28
3.4. Rancangan Alat Penelitian 29
3.5. Prosedur Penelitian 31

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN **32**
4.1. Menghitung Perpindahan Panas Konduksi 32
4.2. Perhitungan Data Hasil Percobaan 34
4.3. Analisa Data 38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN **45**
5.1. Kesimpulan 45
5.2. Saran 45
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN
LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Mekanisme perpindahan panas	7
Gambar 2.2.	Perpindahan panas konduksi	8
Gambar 2.3.	Perpindahan panas konveksi	9
Gambar 2.4.	Perpindahan panas radiasi	9
Gambar 2.5.	Aliran laminar	14
Gambar 2.6.	Aliran turbulen	14
Gambar 2.7.	Berbagai Bentuk Sirip	16
Gambar 2.8.	Tulang Rusuk Turbin Kawcoothoong N et el	17
Gambar 2.9.	Mode Plat Almunium Kasar	18
Gambar 2.10.	Gambar rusuk V	18
Gambar 3.1.	Triplek Melamin	20
Gambar 3.2.	Gambar besi siku berlubang	20
Gambar 3.3.	Gambar Plat Rata Almunium	21
Gambar 3.4.	Pemanas Listrik(*Electric Heater*).	21
Gambar 3.5.	2 Rusuk V	22
Gambar 3.6.	3 Rusuk V	22
Gambar 3.7.	Saluran segiempat dengan belokan 180^{0}	23
Gambar 3.8.	Pelurus Aliran Udara	23
Gambar 3.9.	Manometer tipe U	24
Gambar 3.10.	Thermocouple digital	20
Gambar 3.11.	Dimmer	21
Gambar 3.12.	Anemometer	21
Gambar 3.13.	Speed controller	21
Gambar 3.14.	Volmeter digital	22
Gambar 3.15.	Amperemeter	27
Gambar 3.16.	Skema Rusuk V	
Gambar 3.17.	Skema Saluran segiempat dengan belokan 180^{0}	29
Gambar 3.18.	Bagian bagian komponen saluran segiempat Dengan belokan 180^{0}	29
Gambar 3.19.	Gambar rusuk V	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konduktivitas Panas K [(w/m .^{0}C)] 10
Tabel 3.1. Jadwal kegiatan dan Saat melakukan penelitian 19
Tabel 4.1 Data hasil penelitian pada 2 Rusuk V 32
Tabel 4.2 Data hasil penelitian pada 3 Rusuk V 33
Tabel 4.3 Data hasil penelitian 2 Rusuk V Pada kecepatan udara 1 m/s 34
Tabel 4.4 Apendix A-5 properties air atmospheric pressure 35

DAFTAR NOTASI

q	: Laju perpindahan panas	(kj/det,W)
k	: konduktivitas termal	(W/m°C)
A	: Luas Penampang	(m^2)
dt	: Perbedaan tempertur	(°C)
dx	: Perbedaan Jarak	(m/det)
q	: laju perpindahan panas konveksi,	(Watt)
h	: koefisien perpindahan panas konveksi,	(W / m°K)
T	: temperatur rata-rata fluida,	(K)
ε	: Emisivitas Bahan	
σ	: Konstantan Stefan Boltzmann	(5,67x 10^{-8}), w^2/m^2K^2
A	: Luas Permukaan Benda	(m^2)
vs	: volume solid yang di ukur yang menempati bagian uji media berpori terhadap kepadatannya	
vt	: volume total bagian uji media berpori.	
A	: luas permukaan pelat yang dipanaskan	
d	: diameter partikel	
Cos ∅	: faktor daya	
hx	: koefisien perpindahan panas lokal	
k	: konduktivitas termalv	
L	: panjang pelat uji	
NuL	: rata-rata angka Nusselt untuk plat dengan media berpori	
qt	: total input panas ke pemanas utama	
Rm	: resistensi pemanas utama	
Re	: Bilangan reynold	
T_w	: suhu permukaan	
u	: kecepatan udara	
V_m	: tegangan listrik di pemanas utama	
x	: jarak treamwise dari pelat depan	
μ	: viskositas dinamis dari fluida	
v	: viskositas kinematik dari fluida	
ρ	: densitas fluida	

DAFTAR GRAFIK

Gambar 4.1.	Grafik pengaruh bilangan Reynold terhadap perpindahan panas konveksi (w)	39
Gambar 4.2.	Grafik pengaruh bilangan Reynold terhadap Koefisien perpindahan panas konveksi (w/m2.K)	40
Gambar 4.3.	Grafik pengaruh bilangan Reynold terhadap Bilangan nusselt	41
Gambar 4.4.	Grafik pengaruh bilangan Reynold terhadap Penurunan tekanan (Pa)	42
Gambar 4.5.	Grafik pengaruh bilangan Reynold terhadap *Friction factor*	43
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out	44

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perpindahan panas merupakan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda maupun material. Perpindahan panas banyak di temukan dalam perindustrian,seperti industri minyak,pembangkit listrik,pengolahan gas alam dan banyak lagi industri lain lainnya. Biasanya pemanasnya yang digunakan berasal dari energi listrik maupun pemanas dari hasil pembakaran,dan pendingin yang digunakan adalah air dan udara.

Terdapat beberapa jenis perpindahan panas yang di terapkan di industri yaitu konduksi atau hantaran,konveksi atau rambatan,radiasi atau pancaran. Salah satu perpindahan panas yang di gunakan adalah konveksi. Perpindahan panas konveksi dapat terjadi secara alami maupun buatan.

Laju perpindahan panas pada plat dasar dengan suhu tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan perpindahan panas atau kedua-duanya. Kenaikan perpindahan panas dapat dicapai dengan cara konveksi paksa (forced convection) atau mengubah konfigurasi geometri dari alat penukar panas. Dalam praktiknya, cara-cara ini dibatasi oleh penurunan tekanan maksimum yang diijinkan melalui susunan sirip pin tersebut karena kenaikan perpindahan panas akan disertai penurunan tekanan. Energi yang hilang karena penurunan tekanan dapat melebihi energi yang didapatkan dari usaha peningkatan perpindahan panas tersebut.

Ribbed square channel merupakan suatu model sistem thermal, yaitu saluran berpenampang segi empat dengan dinding bagian dalam berusuk, dimana rusuk berfungsi sebagai turbulator. Peralatan ini berfungsi untuk memindahkan kalor dari dinding saluran ke fluida yang mengalir atau sebaliknya. Rusuk sebagai turbulator akan meningkatkan turbulensi aliran fluida sehingga akan meningkatkan koefisien konveksi (h) antara fluida yang mengalir dengan dinding saluran. Telah banyak dilakukan penelitian tentang ribbed square channel ini untuk meningkatkan laju konveksinya, diantaranya dengan menguji dinding

saluran smooth 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). Lee,et el (2003) secara eksperimental mempelajari karateristik dalam saluran bergaris rasio aspek tinggi dengan bentuk V dan miring. Mereka menemukan bahwa rusuk berbentuk V menghasilkan panas yang lebih tinggi. Salah satu rusuk alat penukar panas di gunakan adalah rusuk V dengan sudut 90°. Rusuk V adalah elemen berbentuk V dengan sudut 90° yang di pasang di dalam saluran berbentuk segi empat yang memiliki belokan 180° terhadap dinding alat penukar panas, dengan fluida pendingin yang mengalir dalam arah aliran melintang terhadap elemen rusuk tersebut. Winglet dengan lubang memiliki pengaruh dalam membuat aliran udara menjadi bergolak sehingga meningkatkan penyerapan kalor oleh udara (Umurani dan Muharnif, 2019)

Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan dengan belokan 180^0 penambahan rusuk V. Dimana penilitian ini menggunakan penambahan jumlah rusuk V 2 dan 3penilitian bertujuan untuk menguji karakteristik perpindahan panas pada saluran segiempat dengan belokan 180° dengan rusuk V.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh perpindahan panas dengan penambahan belokan 180° Pada saluran segiempat.
2. Apakah ada pengaruh perpindahan panas menggunakan rusuk yang berbeda yaitu 2 rusuk V dan 3 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 dan 3.
3. Penilitian ini menggunakan alat saluran udara segiempat dengan belokan 180°.

4. 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.

1.4. Tujuan Penelitian:

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisis perpindahan panas konveksi, koefisien perpindahan panas konveksi, penurunan tekanan dan faktor gesekan yang terjadi pada saluran segiempat dengan belokan 180^0 dengan penambahan rusuk V pada saluran.
2. Untuk membandingkan perpindahan panas konveksi, koefisien perpindahan panas konveksi, penurunan tekanan dan faktor gesekan pengaruh penambahan jumlah rusuk V 2 dan 3.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Sebagai bahan refrensi bagi para peneliti untuk mendalami penelitian tentang perpindahan panas dengan menggunakan saluran segiempat dengan belokan 180° penambahan rusuk V.
2. Memberikan sumbangan kepada masyarakat dan juga mahasiswa tentang perpindahan panas dengan menggunakan saluran dengan bentuk segi empat pada belokan 180°.

BAB 2
TINJAUN PUSTAKA

2.1 Tinjuan pustaka

Uzol, O., dan Camci, C., (2001) meneliti karakteristik peningkatan perpindahanpanas dan kerugian tekanan total (total pressure loss) untuk dua altenatif susunan sirip pin ellips (sirip ellips dengan jenis SEF dan N fin) dan hasilnya dibandingkan terhadap susunan sirip pin bundar (circular). Dua geometri berbeda susunan sirip pin ellips dengan panjang sumbu mayor berbeda diuji, tetapi keduanya mempunyai panjang sumbu minor sama dengan diameter sirip bundar dan ditempatkan pada sudut serang (angle of attack) 0o terhadap aliran bebas (free stream). Panjang sumbu mayor dari kedua tipe sirip pin ellips tersebut masing-masing adalah 1,67 kali dengan diameter sirip pin circular (SEF) dan 2,5 kali dengan diameter sirip pin circular (N fin). Susunan sirip pin dengan H/D = 1,5 diposisikan dalam konfigurasi staggered 2 baris, dengan 3 sirip di baris pertama dan 2 sirip di baris kedua dengan S/D = X/D = 2. Pengukuran perpindahan panas dan kerugian tekanan total dilakukan dalam saluran segiempat dengan aspect ratio 4,8 dan dengan variasi bilangan Reynolds antara 10.000 – 47.000 berdasarkan kecepatan masuk dan diameter sirip. Liquid Crystal Thermography digunakan untuk mengukur distribusi koefisien perpindahan panas konveksi. Hasilnya menunjukkan bahwa kemampuan peningkatan perpindahan panas dari susunan sirip pin circular rata-rata sekitar 25-30% lebih tinggi dari susunan sirip pin ellips. Sedangkan dalam hal kerugian tekanan total, susunan 8 sirip pin circular menghasilkan 100-200% lebih besar kerugian tekanan dari pada susunan sirip pin ellips. Hal ini membuat susunan sirip pin ellips sangat menjanjikan sebagai alternatif alat pendinginan selain susunan sirip pin circular yang biasa digunakan dalam aplikasi pendinginan sudu turbin gas.

Sara et al. (2000) melakukan penelitian mengenai analisa unjuk kerja pada solid bloks yang dipasang pada plat datar di dalam duct flow. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa perpindahan panas dari solid blocks akan meningkat secara signifikan karena adanya penambahan luasan permukaan perpindahan panas. Disamping itu, peningkatan bilangan Reynolds akan menyebabkan penurunan unjuk kerja termal.

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 napthalene, 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.

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 hidrolik, Dh 142,86 mm dan panjang saluran 3140 mm. Plat dasar (*base plate*) terbuat dari aluminium (Al 1050) dengan dimensi panjang 250 mm, lebar 250 mm dan tebal 6 mm.

Istanto, T., & Rokhadi, A. W. (2011) melakukan penelitian Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapiskan 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 penilitian 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. Perpindahan Panas

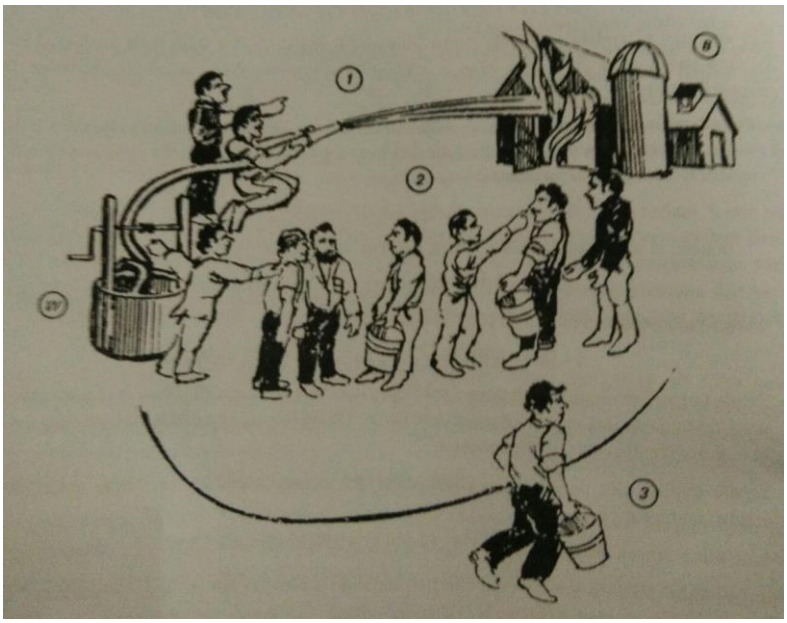
Perpindahan panas (head transfer) Memainkan peranan penting dalam berbagai persoalan perancangan di bidang ketehnikan (engineering), seperti teknik aeronautika, kimia, sipil, listrik, metalurgi,mekanika, dan teknik pertanian. Perpindahan panas adalah ilmu yang memepelajari perpindahan energy dari suatu bahan yang terjadi karena adanya perbedaan (gradien) suhu. Perpindahan energy ini di defenisikan sebagai panas (head). Perpindahan panas bias digunakan untuk menaksir besarnya energy yang di perlukan untuk mengubah suatu system dari keadaan keseimbangan satu ke keadaan keseimbangan lain.

Ilmu perpindahan panas tidak hanya menerangkan bagaimana panas itu dihantarkan, tetapi juga menaksir laju penghantar panas pada suatu kondisi tertentu. Dalam perpindahan panas, laju penghantar panas menjadi tujuan analisis. Panas selalu mengalir dari daerah dengan suhu lebih tinggi ke daerah lain dengan suhu lebih rendah. Jumlah aliran panas di nyatakan degan notasi Q. Nilai Q di dasarkan pada aliran energy persatuan waktu (jam atau detik). Satuan untuk Q yang umum di gunakan adalah watt (W). Laju aliran panas persatuan luas (q) disebut fluks panas atau aliran panas spesifik.

2.3. Mekanisme Perpindahan Panas.

Ada tiga mode perpindahan panas, yaitu konduksi,konveksi dan radiasi. Lienhard (2002) memberikan ilu

strasi menarik untuk tiga mode perpindahan panas tersebut dengan proses pemadaman kebakaran seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1. Mekanisme Perpindahan Panas (A.Haryanto.2015)

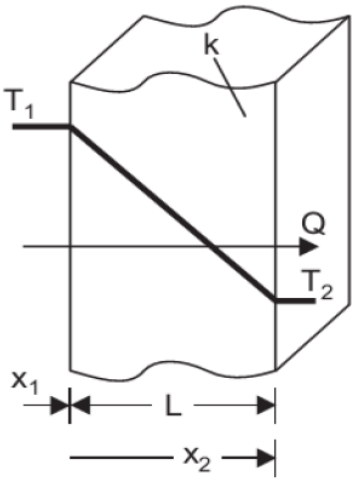
1. Pompa air di semprotkan tanpa medium : menggambarkan perpindahan panas radiasi
2. Barisan orang secara bergantian memindahkan air ke dalam ember, untuk menggambarkan perpindahan panas konduksi.
3. Seseorang berlari membawa ember, untuk menggambarkan perpindahan panas konveksi.

2.3.1. 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 2.2. 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. Proses perpindahan panas secara konduksi adalah suatu gradient suhu terjadi pada suatu benda, maka akan terjadi perpindahan panas dari daerah dengan suhu tinggi ke daerah dengan suhu rendah. Besar laju aliran konduksi Qkond (dalam W) di nyatakan dengan :

$$q_{cond} = K\,A\frac{\Delta T}{L} \tag{2.1}$$



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

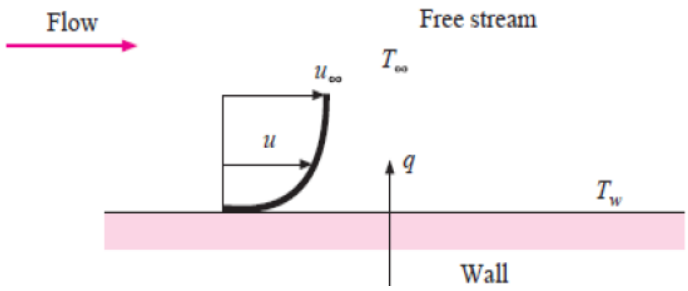
2.3.2. Perpindahan Panas konveksi.

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

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



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

2.3.3. 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, Besarnya laju aliran panas radiasi Qrad (W) untuk radiator (pemancar panas) ideal. Menghitung besarnya energy radiasi dapat digunakan persamaan.

$$q_{rad} = \varepsilon.\sigma.AT^4 \tag{2.3}$$

Gambar 2.4. Perpindahan Panas Radiasi (J.P Holman,2010).

2.4. Sifat Termal Bahan.

Ada beberapa sifat materialyang sangat penting dalam analisis transfer panas, diantaranya adalah kapasitas panas atau panas jenis,Cp,konduktivitas panas. Kapasitas panas suatu bahan merupakan kemampuan suatu bahan dalam menyimpan panas. Setiap bahan memiliki nilai kapasitas panas yang berbeda beda

dan bervariasi terhadap suhu bahan. Sebagai contoh,pada suhu kamar,Cp air adalah 4,18 kj/kg.^0C dan Cp besi adalah 0,418 kj/kg.^0C Hal ini berarti air dapat menyimpan kalor hampir 10 kali lipat di bandingkan besi.

2.4.1. Konduktivitas Panas.

Konduktivitas panas merupakan ukuran kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan panas. Sebagai contoh suhu kamar, konduktvitas panas air adalah 0,608 W/m.^0C dan konduktivitas panas besi adalah 6,0 W/m.^0C . Hal ini bahwa besi mampu menghantarkan panas 10 kali lipat di bandingkan air. Jadi kita dapat menyatakan bahwa air merupakan konduktor panas yang jelek di bandingkan besi,meskipun air merupakan medium penyimpanan kalor yang baik.

Dari persamaan laju aliran kalor konduksi pada keadaan tunak, konduktivitas panas suatu bahan dapat di defenisikan sebagai laju aliran kalor melintasi satu satuan ketebalan bahan persatu satuan ketebalan bahan persatu satuan luas permukaan persatuan perbedaan suhu. Nilai konduktivitas panas yang tinggi dari suatu bahan menunjukkan bahwa bahan tersebut konduktor panas yang baik, an konduktivitas panas yang rendah dari suatu bahan menunjukkan bahwa bahan tersebut merupakan konduktor panas yang jelek atau isolator. Nilai konduktivitas panas beberapa bahan di berikan pada tabel 1.1 di bawah ini.

Tabel 2.1. konduktivitas Panas k[W/(m.^0C)] bahan pada suhu kamar (cengel,2007)

Bahan	K	Bahan	K	Bahan	K
Intan	2300	Air Raksa	8,54	Helium(gas)	0,152
Perak	429	Kaca	0,78	Karet Empuk	0,13
Tembaga	401	Batu Bata	0,72	Freon	0,072
Emas	317	Air (cair)	0,613	Serat kaca	0,043
Aluminium	237	Kulit manusia	0,37	Udara(gas)	0,026
Besi	80,2	Kayu oak	0,17	Uretan(gabus)	0,026

2.5. Perhitungan Perpindahan Panas.

2.5.1. Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

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

$$Q\text{elect} = Q\text{conv} + Q\text{loss} \quad (2.4)$$

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 :

$$Q\text{elect} = Q\text{conv} + Q\text{rad} + Q\text{cond} \quad (2.5)$$

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.

$$Qelect = Qconv \quad (2.6)$$

Tahanan panas dari permukaan bersirip dengan cara konveksi :

$$R = V\ x\ I \quad (2.7)$$

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

$$Q_{elect} = \frac{V^2\ x\ \theta}{R} \quad (2.8)$$

Menghitung laju perpindahan, *Qconv* Laju perpindahan panas konveksi juga dinyatakan dari percobaan dapat diukur menggunakan termokopel. Sedangkan sifat termofisik dari udara Cp dihitung berdasarkan temperatur udara rata-rata, $m = \rho . \ At . V$ menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_{conv} = m.Cp.(T_{in} - T_{out}) \tag{2.9}$$

$$Q_{conv} = h \ . \ As.[T_b - (\frac{T_{in} + T_{out}}{2})] \tag{2.10}$$

Menghitung Koefisien perpindahan panas konveksi (*h*),Koefisien perpindahan panas konveksi dapat juga dinyatakan dengan :

$$h = \frac{Nu.k}{Dh} \tag{2.11}$$

Aliran fluida atau zat cair dibedakan dari benda padat karenjua kemampuanya 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.

$$m = \rho . \ At . V \tag{2.12}$$

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

$$\Delta P = \rho . \ g . \ \Delta h \tag{2.13}$$

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

$$At = H. \ Wb \tag{2.14}$$

2.5.2 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

$$f = \frac{\Delta p}{[(\frac{L}{D_h}).(\rho.\frac{V^2}{2})]} \tag{2.15}$$

2.5.3. Parameter Tanpa Dimensi

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

1. Bilangan Reynolds (Re)

Bilangan reynolds merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain. 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 hidrolik dari saluran (Dh) dan dinyatakan dengan :

$$\mathrm{Re} = \frac{v \,.\, D_h}{v} \tag{2.16}$$

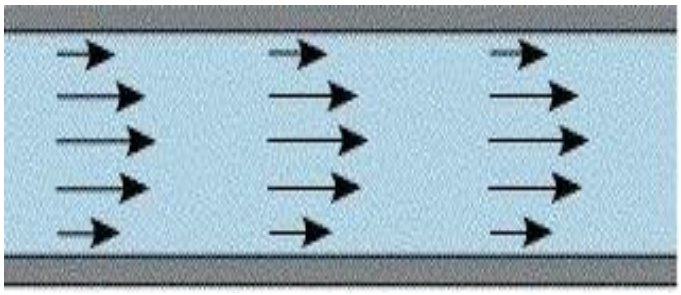
$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \,.\, v \,.\, D_h}{\mu} \tag{2.17}$$

2. Bilangan Nusselt *(Nusselt Number)*

Bilangan Nusselt adalah. Rasio perpindahan panas konveksi dan konduksi normal terhadap batas dalam kasus perpindahn panas pada permukaan fluida,bilangan nusselt adalah satuan tak berdimensi. Bilangan Nusselt dirumuskan :

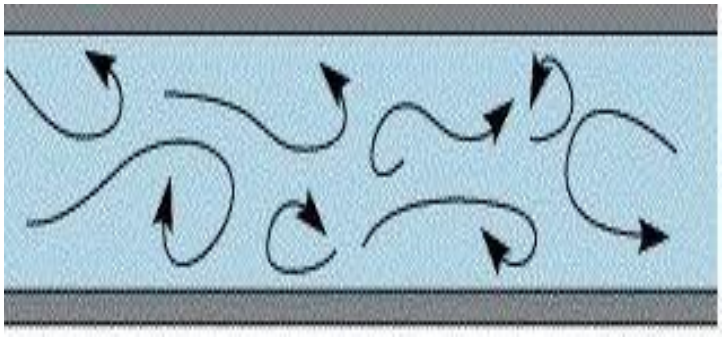
$$Nu = \frac{h \,.\, D_h}{k} \tag{2.18}$$

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 keceptan rendah dan fluidanya bergerak sejajar dan mempunyai batasan – batasan yang berisi aliran fluida. Seperti yang ditunjukan pada (gambar 2.6), aliran laminar mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2300 Re (Re < 2300).



Gambar 2.5 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 momemtum 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 2.6 Aliran turbulen (blog.nialbalker)

$$Nu = 0{,}023 Re^{0{,}8} . Pr^{0{,}4} \quad (2.19)$$

Untuk saluran udara segiempat, diameter hidrolik, *Dh* , dihitung dengan persamaan:

$$D_h = \frac{4A}{P} = \frac{4 . H . w_b}{2 . (H + w_b)} \quad (2.20)$$

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.

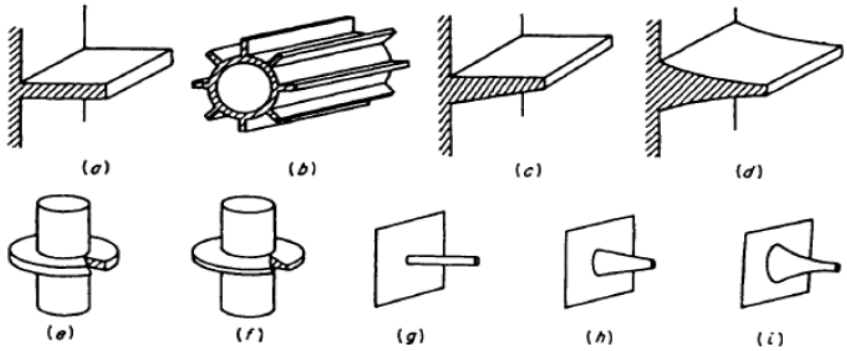
2.6. Pengaplikasian Rusuk Terhadap Saluran Segi empat

Sirip sering digunakan pada alat penukar kalor untuk meningkatkan luasan perpindahan panas antara permukaan utama dengan fluida di sekitarnya. Idealnya, material sirip harus memiliki konduktivitas termal yang tinggi untuk meminimalkan perbedaan temperatur antara permukaan utama dengan permukaan yang diperluas (extended surface). Aplikasi sirip sering dijumpai pada sistem pendinginan ruangan, peralatan elektonik, sistem pembakaran dalam pada motor, trailing edge sudu turbin gas, alat penukar kalor kompak (compact heat exchanger) dengan udara sebagai media perpindahan panasnya. 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.

Salah satu tipe sirip dalam peralatan penukar kalor yang mempunyai banyak pemakaian dalam berbagai aplikasi industri adalah sirip pin. 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 dinding alat penukar panas tersebut (bagian permukaan yang terkena panas). Sirip-sirip pin yang menonjol dari sebuah

permukaan yang mengalami pemanasan dapat meningkatkan luas permukaan disipasi atau pembuangan panas dan menyebabkan pencampuran aliran yang turbulen sehingga meningkatkan unjuk kerja disipasi panas yang berdampak pada meningkatnya ketahanan (reliability) dan umur peralatan.

Bentuk-bentuk sirip akan mempengaruhi luas penampang permukaan sirip tersebut. Maka perlu dilakukan penilitian pengaruh bentuk penampang sirip pin terhadap laju perpindahan panas Seperti (Gambar 2.1) menyajikan berbagai bentuk sirip yang biasanya dipakai pada perpindahan panas.

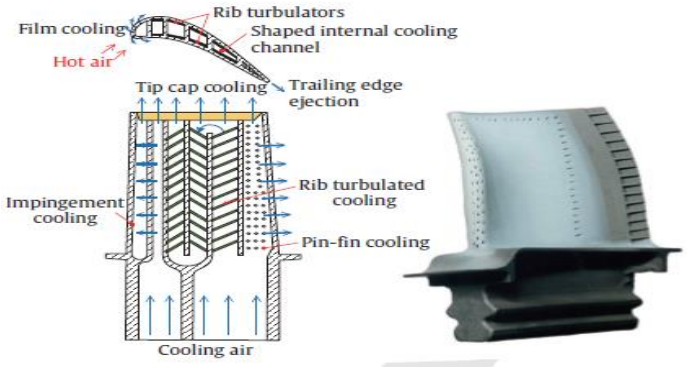


Gambar 2.7 berbagai bentuk sirip (J.P Holman, 2010)

2.7. 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.

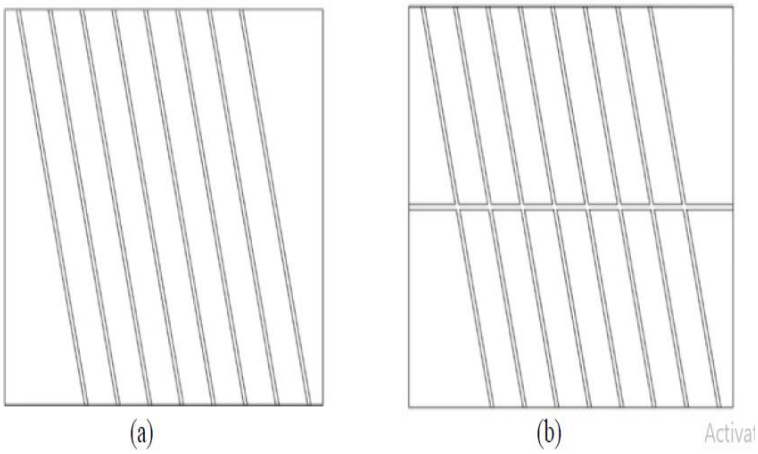


Gambar 2.8 Tulang rusuk turbin Kaewchoothong N, et al (2017)

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 meniliti sudut tulang rusuk 90° dan 45 ° V berbentuk rusuk dengan tinggi tetap rasio p / e = 10 dalam saluran persegi dilakukan oleh Ta Maurer et al. (2007).

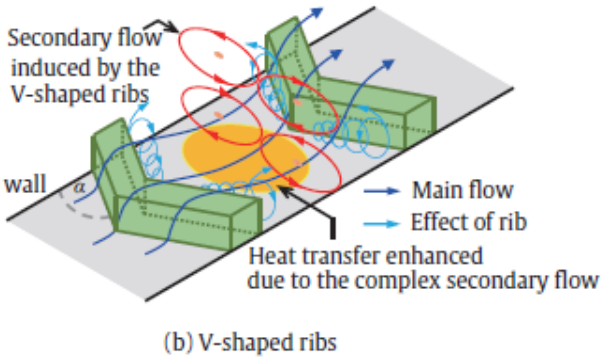
Lee, et al (2003) secara eksperimental mempelajari karakteristik perpindahan panas dalam saluran bergaris rasio aspek tinggi dengan berbentuk V dan miring Tulang iga. Mereka menemukan bahwa tulang rusuk berbentuk V memberikan panas yang lebih tinggi peningkatan transfer dari rusuk miring.

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 2.9 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 2.10 Rusuk V. Kaewchoothong N, et al (2017)

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya penelitian "Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Belokan 180° Dengan Rusuk V. Adapun manfaat penelitian ini yaitu: 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 literature						
3	Penulisan proposal BAB 1 s/d BAB 3						
4	Seminar proposal						
5	Penyediaan Alat dan Bahan						
6	Perancangan desain saluran segi empat dengan belokan 180^0 dengan rusuk V						
7	Menganalisa perpindahan panas saluran segi empat dengan belokan 180^0 dengan rusuk V						
8	Penulisan laporan akhir						
9	Seminar hasil dan sidang sarjana						

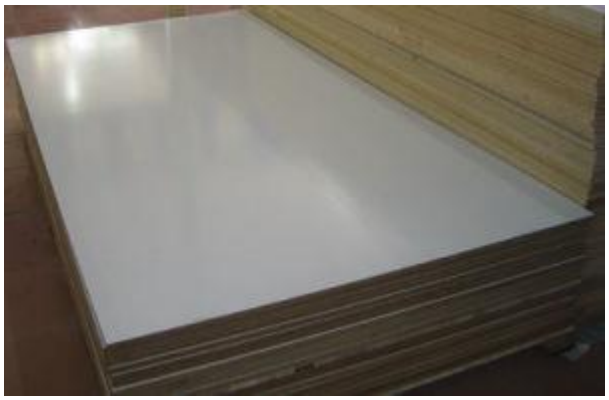
3.2. Bahan dan Alat

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 belokan 180°dengan ukuran 150 mm x 75 mm dan panjang 3540 mm.



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

Gambar 3.2 Besi siku berlubang

3. Plat Rata Almunium

   Plat datar Almunium digunakan untuk menghantarkan panas dari heater ke media rusuk V . Seperti pada gambar 3.3

Gambar 3.3 Plat Rata Almunium

4. Pemanas Listrik(*Electric Heater*).

   Pemanas listrik terbuat dari lilitan pita nikelin dengan diameter 0,5 mm dan panjang 10.000 mm yang dililitkan pada kertas mika tahan panas sebanyak 42 lilitan dengan dimensi panjang 180 mm, lebar 130 mm, dan tebal 1 mm. Pemanas litrik dipasang tepat dibawah di bawah plat alumunium dan dilapisi dengan mika tahan panas yang terletak di antara plat dan pemanas . Seperti pada gambar 3.4

Gambar 3.4 Pemanas listrik (*Electric Heater*).

5. 2 Rusuk V

Gambar 3.5 rusuk V

6. 3 Rusuk V

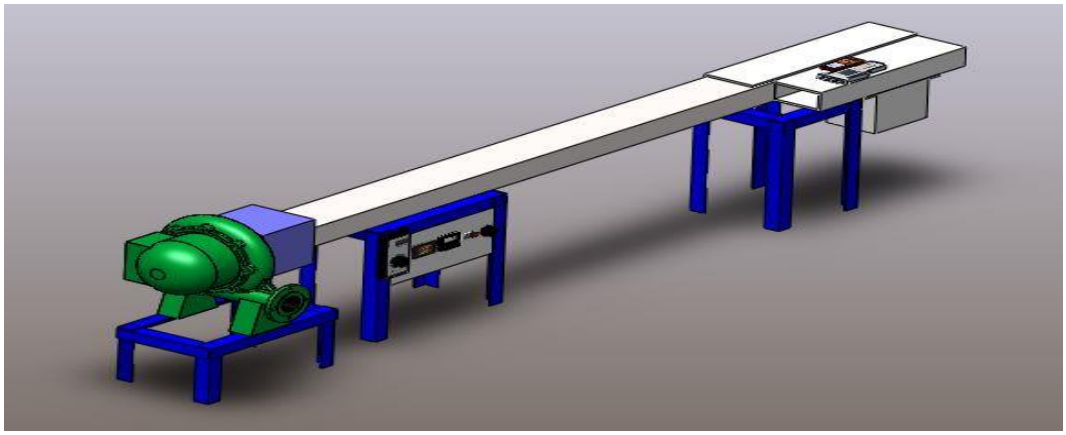
Gambar 3.6 Rusuk V

3.2.2 Alat penilitian

Adapun alat yang digunakan pada penilitian adalah sebagai berikut:

1. Saluran udara segiempat dengan belokan 180°

   Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapiskan 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. Saluran udara segiempat ini dilengkapi dengan:



Gambar 3.7 Saluran segiempat dengan belokan 180°

2. 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.

Gambar 3.8 Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

3. 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.

Gambar 3.9 Manometer tipe U

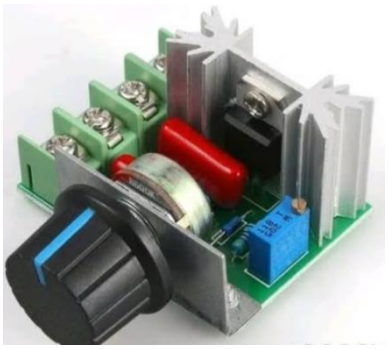
4. *Thermocouple degital*

Alat ini digunakan untuk menunjukkan nilai temperatur yang diukur oleh sensor termokopel.

Gambar 3.10 *Thermocouple degita*

5. 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).



Gambar 3.11 Dimmer

6. Anemometer

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

Gambar 3.12 Anemometer

7. Speed controler

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

Gambar 3.13 Speed controller

8. Voltmeter digital

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

Gambar 3.14 Voltmeter digital

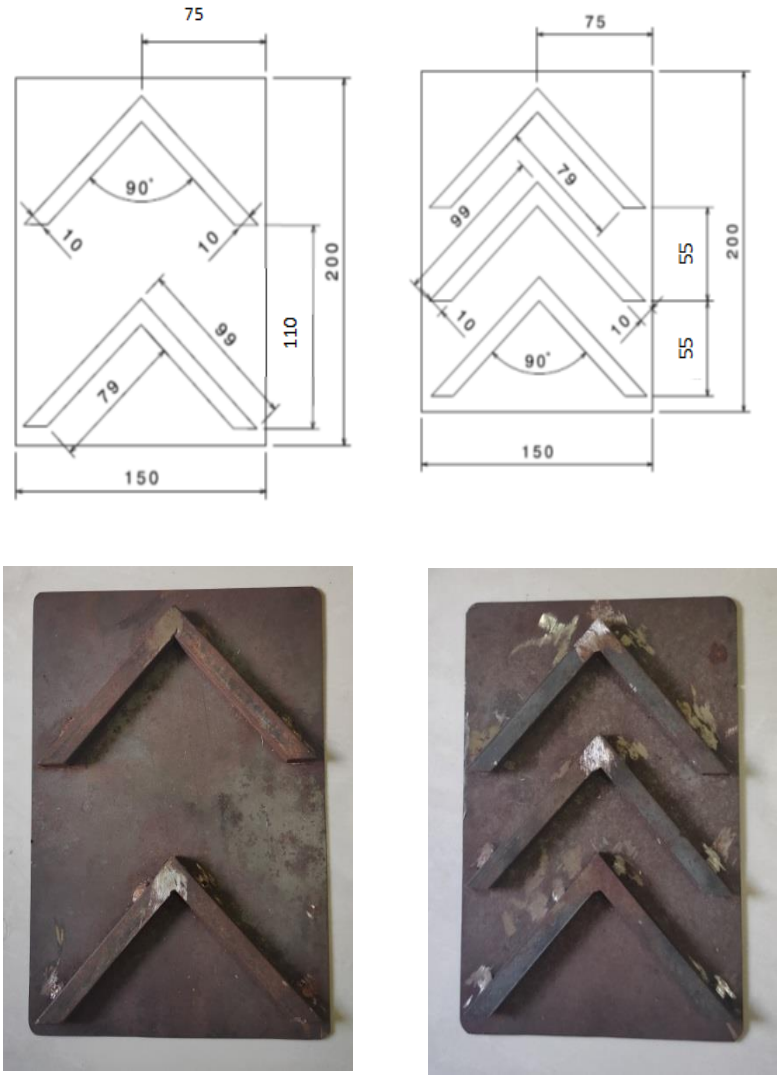
9. Amperemeter

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

Gambar 3.15 Amperemeter

3.2.3 Spesimen yang akan diuji

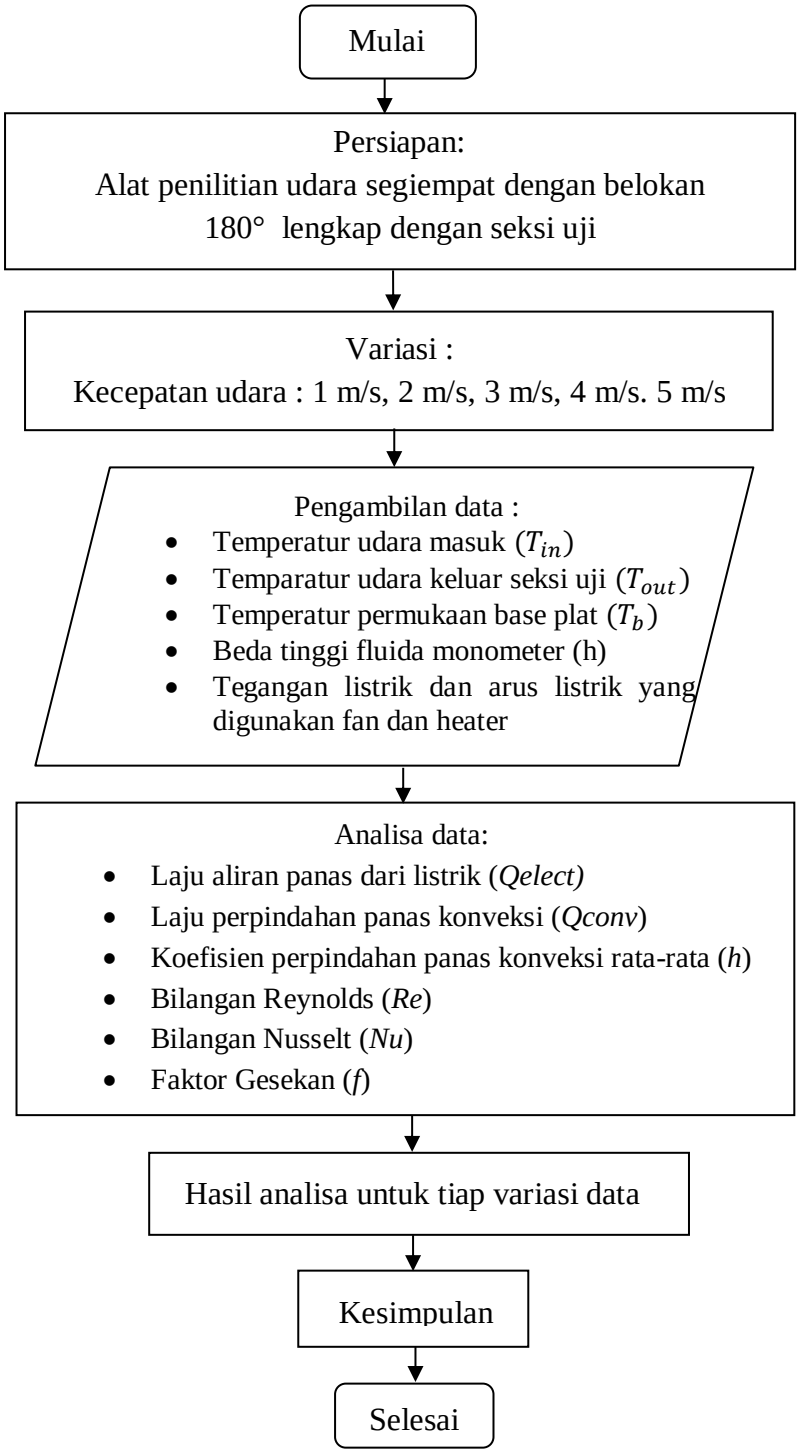
Pada penelitian ini akan menganalisis perpindahan panas pada saluran segiempat dengan belokan 180° penambahan rusuk V. Dimana penilitian ini menggunakan penambahan jumlah rusuk V 2 dan 3. Dimana dimensi plat datar yang digunakan adalah: panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal rusuk V 10 mm dengan sudut 90°. Seperti pada gambar 3.16.



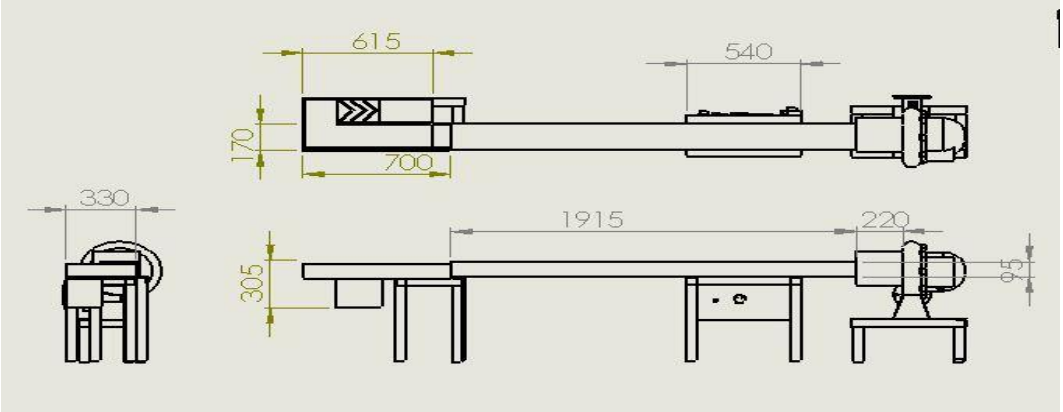
Gambar 3.16 Skema rusuk V

3.3 Bagan alir penilitian

Bagan Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut:

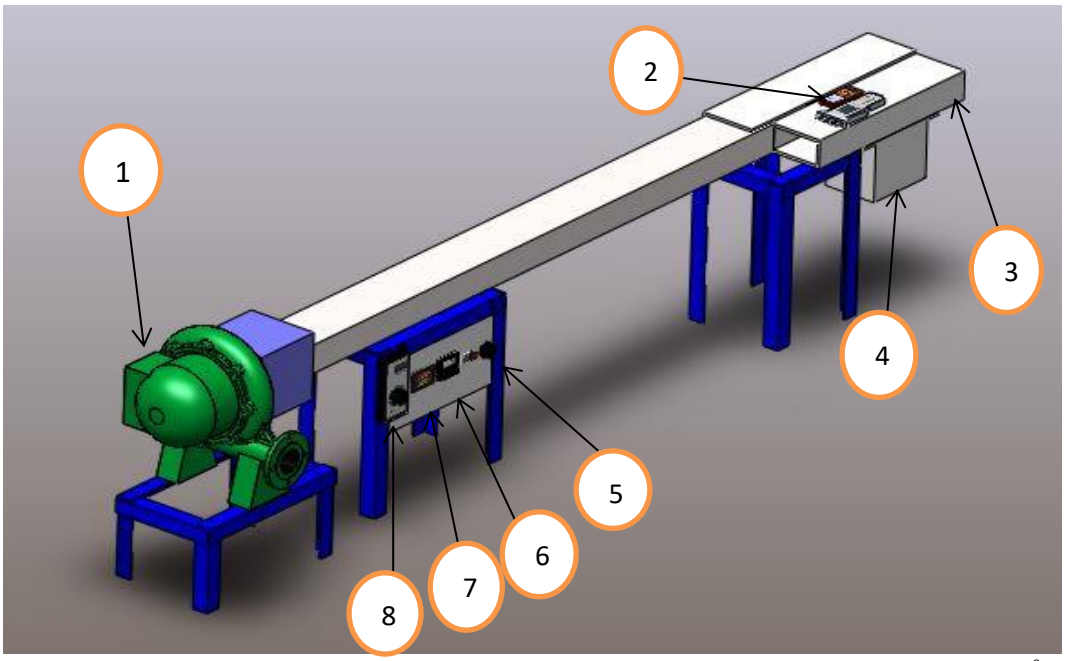


3.4. Rancangan Alat Penelitian.



Gambar 3.17 Skema Saluran segiempat dengan belokan 180^0

Pada gambar 3.17 menunjukkan ukuran pada saluran yang berbentuk segiempat yang memiliki belokan 180^0

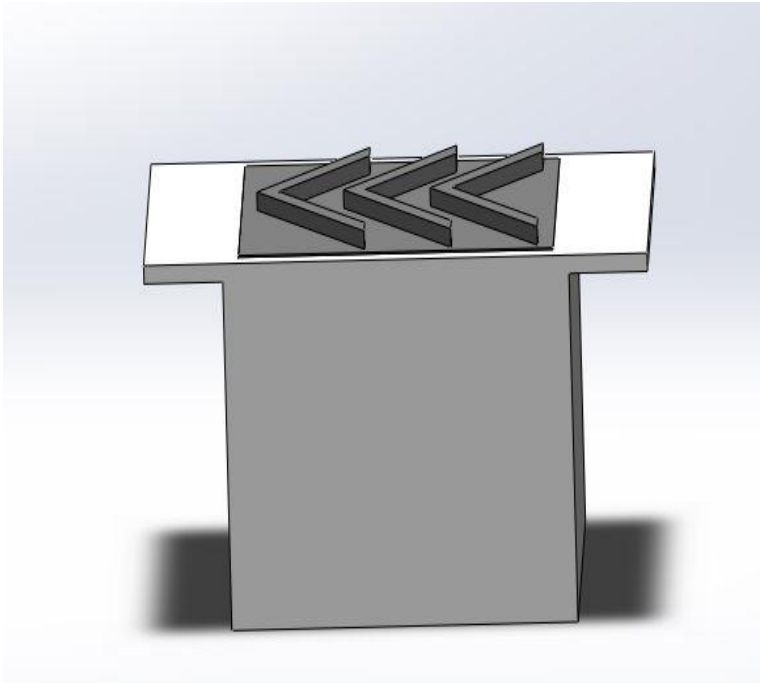


Gambar 3.18 Bagian-bagian komponen saluran segiempat dengan belokan 180^0

Pada penelitian perpindahan panas pada saluran segiempat dengan belokan 180^0, udara akan masuk pada bagian depan saluran yang dimana udara tersebut di hisap oleh blower dan melewati rusuk V yang telah di panaskan oleh heater, udara akan melewati belokan 180^0 pada saluran yang berfungsi untuk memperlambat laju udara yang terjadi pada saluran yang memiliki belokan 180^0.

Bagian-bagian alat dan fungsi

1. Blower
2. Thermocouple digital
3. Saluran segiempat dengan belokan 180^0.
4. Rumah heater
5. Dimmer
6. Voltmeter
7. Amperemeter digital
8. Speed controller



Gambar 3.19 Rusuk V

Rusuk V yang di letakkan pada bagian saluran dengan belokan 180^0 yang berfungsi untuk menghantarkan panas yang di hasilkan dari heater. Panas yang di hasilkan oleh heater akan di hantarkan ke rusuk V yang telah di letakkan tepat di atas heater.

3.5. Presedur Penelitian

Adapun langkah-langkah Prosedur percobaan sebagai berikut:

1. Memasang spesimen kedalam saluran udara
2. Menghubungkan semua termokopel dengan *thermocouple digital*
3. Menghidupkan *heater* sebagai pemanasan awal
4. Tunggu temperatur pada base plat dalam kondisi tunak *(stady state)*
5. Mengukur temperatur permukaan *base plate*
6. Mengatur kecepatan udara sebesar 1 m/s dengan mengatur putaran *fan hisap* menggunakan speed controller.
7. Mencatat seluruh data temperatur dan beda tinggi fluida, manometer (h) setiap 3 menit sekali selama 15 menit.
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 (2 m/s,3 m/s,4 m/s,5 m/s)
12. Mengulangi langkah percobaan 1-11 dengan mengganti spesimen untuk variasi jumlah rusuk V yang lain.
13. Memastikan semua alat setelah selesai mengambil semua data.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung Perpindahan Panas Konduksi Pada Kondisi Tunak

- Perpindahan Panas Konduksi Pada Saluran Segiempat Rata dengan Media 2 Rusuk V.

Tabel 4 .1 Data hasil penelitian pada 2 Rusuk V

Temperatur Plat Almunium(T_1 °C)	Temperatur Plat Rusuk (T_3 °C)
175.6	104.2

$T_1 = 448.6\ °K$

$T_3 = 377{,}2\ °K$

Nilai resistensi termal masing-masing bahan

Konduktivitas Thermal bahan diambil dari tabel 2.1

Resistensi Pada Plat Alumunium

$$R_A = \frac{L}{K_A.A} = \frac{0{,}001m}{202(W/m.K)\,x\,0{,}03m^2} = 0{,}000165\,{}^{K}\!/_{W}$$

Resistensi pada media 2 Rusuk V

$$R_B = \frac{L}{K_B.A} = \frac{0{,}01m}{73(W/m.K)\,x\,0{,}03m^2} = 0{,}0046\,{}^{K}\!/_{W}$$

Total Perpindahan Panas Konduksi

$$q/L = \frac{\Delta_{Total}}{R_{Total}} = \frac{(T_1 - T_3)}{R_A + R_B} = \frac{448K - 377{,}2K}{0{,}00476\,{}^{K}\!/_{W}} = 14.873.95W$$

Mencari Temperatur T_2

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_A}$$

$$14.873{,}95\ W = \frac{448{,}6K - T_2}{0{,}000165\,{}^{K}\!/_{W}}$$

$$T_2 = 446{,}146K$$

- Perpindahan Panas Konduksi

$$q_A = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K_A.A}} = \frac{(448{,}6K - 446{,}146K)}{0{,}000165\ K/W} = 14.873{,}95\ W$$

$$q_B = \frac{T_2 - T_3}{\frac{L}{K_B.A}} = \frac{(446{,}146\,K - 377{,}2K)}{0{,}0046\,K/W} = 14{,}873{,}95\ W$$

- Perpindahan Panas Konduksi Pada Saluran Segiempat dengan Media 3 Rusuk V

Tabel 4.2 Data hasil penelitian pada 3 Rusuk V

Temperatur Plat Almunium(T_1 °C)	Temperatur Plat Rusuk (T_3 °C)
176.3	106

$T_1 = 449{,}3\ °K$

$T_3 = 379\ °K$

Nilai resistensi termal masing-masing bahan

Resistensi Plat Alumunium

$$R_A = \frac{L}{K_A.A} = \frac{0{,}001m}{202\ (W/m.K)\,x\,0{,}03m^2} = 0{,}000165\ K/W$$

Resistensi pada media 3 Rusuk V

$$R_B = \frac{L}{K_B.A} = \frac{0{,}03m}{73\ (W/m.K)\,x\,0{,}03m^2} = 0{,}0046\ K/W$$

Total Perpindahan Panas Konduksi

$$q/L = \frac{\Delta_{Total}}{R_{Total}} = \frac{(T_1 - T_3)}{R_A + R_B} = \frac{449{,}3K - 379K}{0{,}004765\,K/W} = 14.753{,}41\ W$$

Mencari Temperatur T_2

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_A}$$

$$14.753{,}41W = \frac{449{,}3K - T_2}{0{,}000165\ K/W}$$

$$T_2 = 446{,}86\,K$$

Perpindahan Panas Konduksi

$$q_A = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K_A.A}} = \frac{(449{,}3\,K - 446{,}86\,K)}{0{,}000165\ K/W} = 14.753{,}41\ W$$

$$q_B = \frac{T_2 - T_3}{\frac{L}{K_B.A}} = \frac{(446{,}86\,K - 379K)}{0{,}0046\ K/W} = 14.753{,}41\,W$$

4.2 Perhitungan data hasil percobaan

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

Panjang saluran (L)	= 3540 mm	= 3.54 m
Lebar saluran (Wb)	= 150 mm	= 0,15 m
Tinggi saluran (H)	= 75 mm	= 0,075 m
Tegangan heater (Vh)	= 53 V	
Arus heater (If)	= 0,4 A	
Tegangan fan (Vf)	= 95 V	
Arus fan (If)	= 0,31 A	
Ketinggian fluida Monometer (h)	= 3 mm	

Tabel 4.3 Data hasil penelitian 2 Rusuk V Pada kecepatan udara 1 m/s

Waktu(s)	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)
180	35.6	41.6
360	34.7	41.3
540	34	39.7
720	33.8	39.6
900	33.7	38.7

Pada percobaan kecepatan aliran udara 1 m/s dengan waktu 180 s perbedaan temperature Tin dan Tout sebesar 6 °C dan pada waktu 360 s perbedaan termperatur Tin dan Tout sebesar 6.6°C. Dapat disimpulkan perpindahan perpindahan panas pada waktu 360 s lebih besar di bandingkan dengan waktu 180 s.

$T_{in,rata-rata}$ = T_{in} = 34.3 °C +273°K = 307,3 °K

$T_{out,rata-rata}$ = T_{out} = 40,2 °C+273 °K = 313,2 °K

Temperature flim

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

$$= \frac{(307,3 + 313,2)K}{2}$$

$$= 310.25 \text{ K}$$

Tabel 4.4 Apendix A-5 properties air atmospheric pressure

Fluida property	Temperature Udara (310.25)
$\rho(Kg/m^3)$	1,14062
Cp (J/Kg.K)	1,0063765
$\mu(Kg/m.s)$	1,8831
$\kappa(W/m\ .^oC))$	0,2702
Pr	0,705745

Luas penampang saluran udara segiempat dengan belokan 180 ^{o}

$$A = H.W_b$$

= 0,075 m x 0,15 m

= 0,01125 m^2

Saluran segiempat dengan belokan 180 ^{o} dengan tinggi saluran 0,075 m dan lebar saluran 0,15 m, Maka luas penampang pada saluran sebesar 0,01125 m^2.

Diameter hidrolik saluran udara

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

$$= \frac{4.H.W_b}{2(H + W_b)}$$

$$= \frac{4 \text{ x } 0{,}075 \text{ m x } 0{,}15}{2 \text{ x } (0{,}075 + 0{,}15)}$$

$$= 0{,}15 \text{ m}$$

Diameter saluran hidrolik adalah 0,15 m.

Laju aliran masa udara pada saluran segiempat dengan belokan 180^0 dengan 2 Rusuk V.

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

$$= 1{,}14062 \text{ Kg/ x } 0{,}001125 \text{ x } 1 \text{ m/s}$$

$$= 0{,}01283197 \text{ Kg/s.}$$

Laju aliran udara yang terjadi pada sakuran segiempat dengan belokan 180^0 dengan 2 Rusuk V mendapatkan laju aliran udara sebesar 0,01283197 Kg/s

Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan belokan 180° dengan 2 Rusuk V.

M	Cp	$T_{in}(^0K)$	$T_{out}(^0K)$
0,01283197	1.006376	307,3	313,2

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

$$= 0{,}01283197 \text{ Kg/s x } 1.006376 \text{ J/Kg.°K x } (313{,}2 - 307{,}3)\text{K}$$

$$= 76{,}17317051 \text{ W}$$

Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada saluran segiempat dengan belokan 180◦ dengan 2 rusuk V dengan kecepatan aliran udara 1 m/s menghasilkan perpindahan panas konveksi sebesar 76,17317051 W.

Bilangan reynold

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

$$= \frac{1{,}14062\ \mathrm{Kg/m^3}\ \mathrm{x}\ 1\ \mathrm{m/s^2}\ \mathrm{x}\ 0{,}15\ \mathrm{m}}{1{,}8831\ \mathrm{x}10^{-5}\ \mathrm{Kg/m.s}}$$

$$= 9085{,}709734$$

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

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

$$= 0{,}023\left(9085{,}709734\ \right)^{0.8} x\ \ (0{,}705745)^{0{,}4}$$

$$= 29{,}36797802$$

Koefisien perpindahan panas konveksi pada saluran segiempat dengan belokan 180° dengan 2 Rusuk V

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

$$= \frac{29{,}36797802\ \ x\ \ 0{,}02702}{0{,}15}$$

$$= 5{,}2950151774 W / m^2\ .\ K$$

Penurunan tekanan yang terjadi pada saluran segiempat dengan belokan 180◦

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

$$= 1{,}14062\ \text{Kg/m}^3\ \text{x}\ 9{,}81\ \text{m/s}^2\ \text{x}\ 0{,}003\text{m}$$

$$= 11{,}1894822 Pa$$

Faktor gesekan pada saluran segiempat dengan belokan 180◦

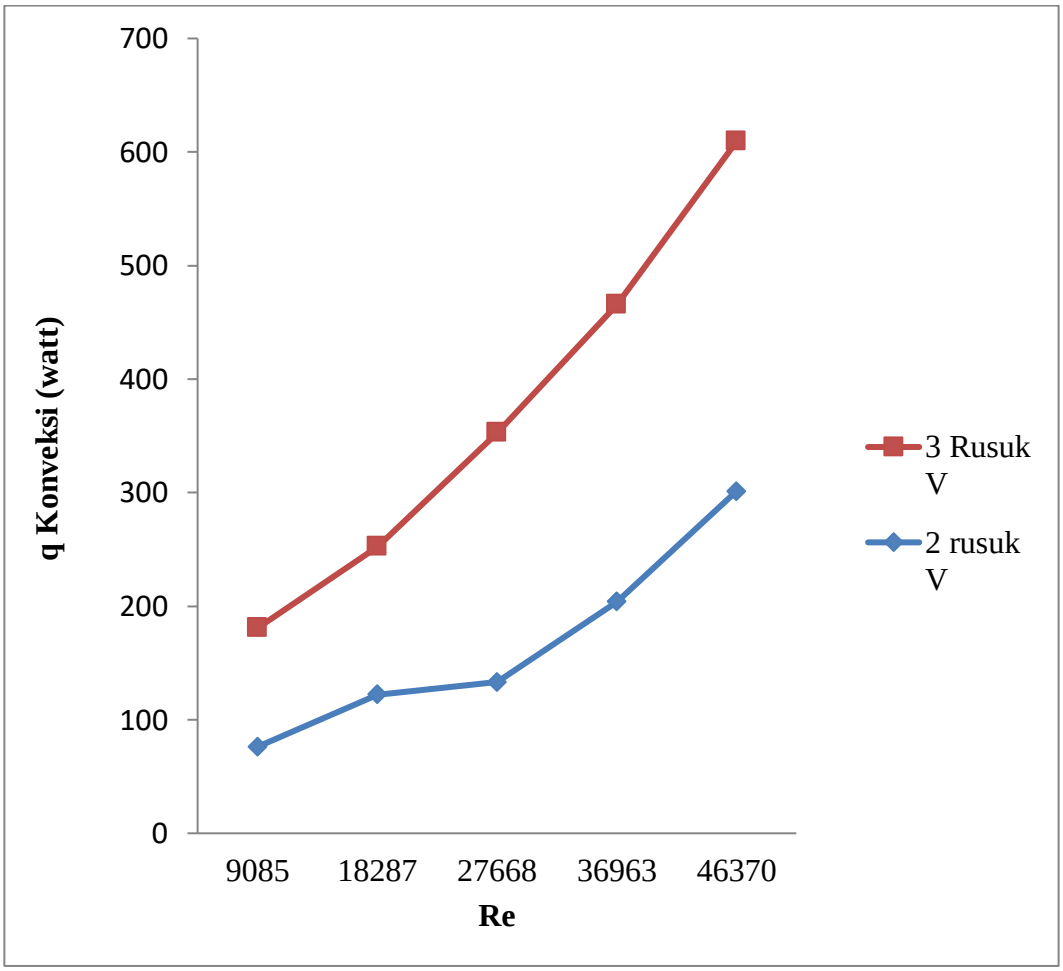
$$f = \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{Dh}\right).\left(\rho\frac{V^2}{2}\right)\right]}$$

$$= \frac{11{,}1894822 Pa}{\left[\left(\frac{3{,}54m}{0{,}15m}\right).\left(1{,}14062 Kg/m^3 x \frac{(1m/s)^2}{2}\right)\right]}$$

$$= 0.831356$$

4.3 Analisa data

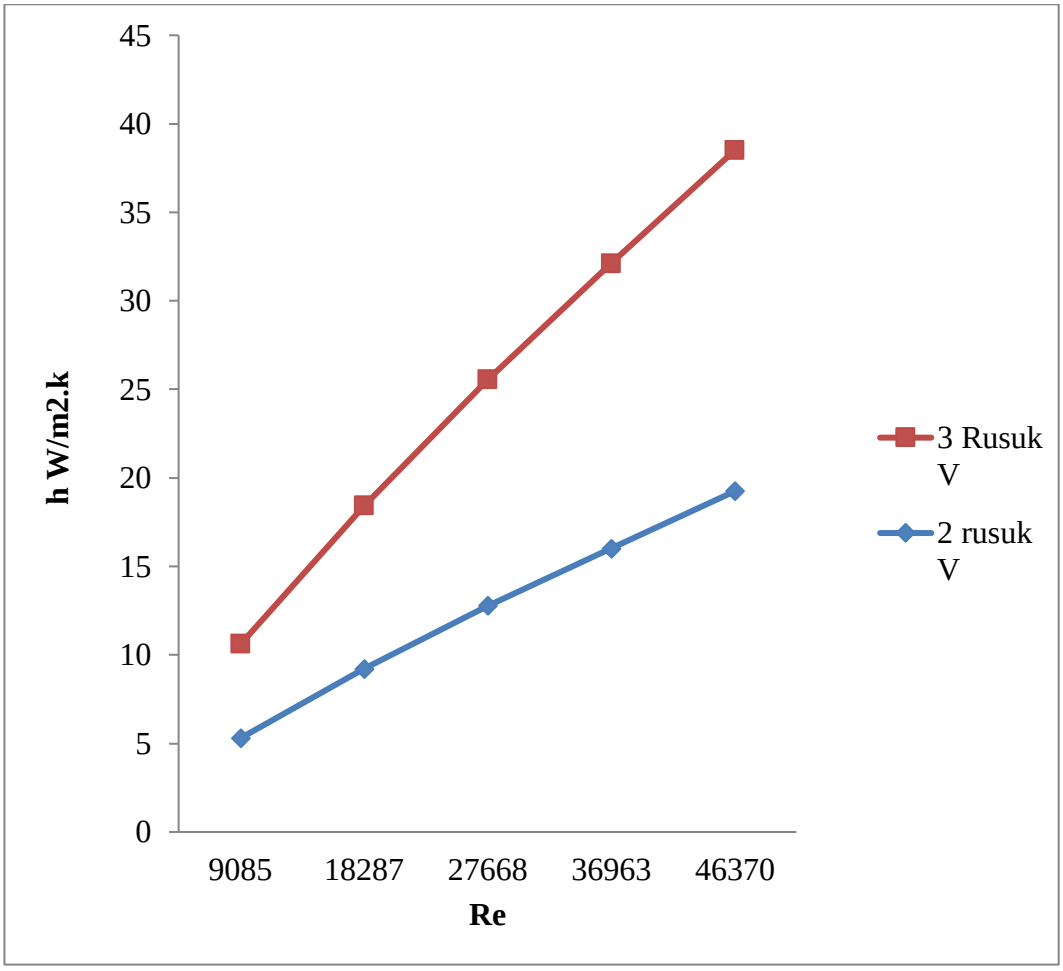
1. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt)



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

Dari gambar grafik 4.1 Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada aliran udara 2 m/s mendapatkan perpindahan panas konveksi sebesar 122,1484673 watt dan pada aliran udara 3 m/s perpindahan panas konveksinya sebesar 133,1785033 watt. Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan panas konveksi (watt). Semakin meningkatnya nilai perpindahn panas konveksi maka maka akan semakin besar bilangan reynold. Hal ini di sebabkan laju aliran udara pada blower dapat meningkatkan konveksi perpindahan panas. Nilai konveksi perpindahan panas tertinggi terjadi pada 2 rusuk V sebesar 301,2280476 watt.

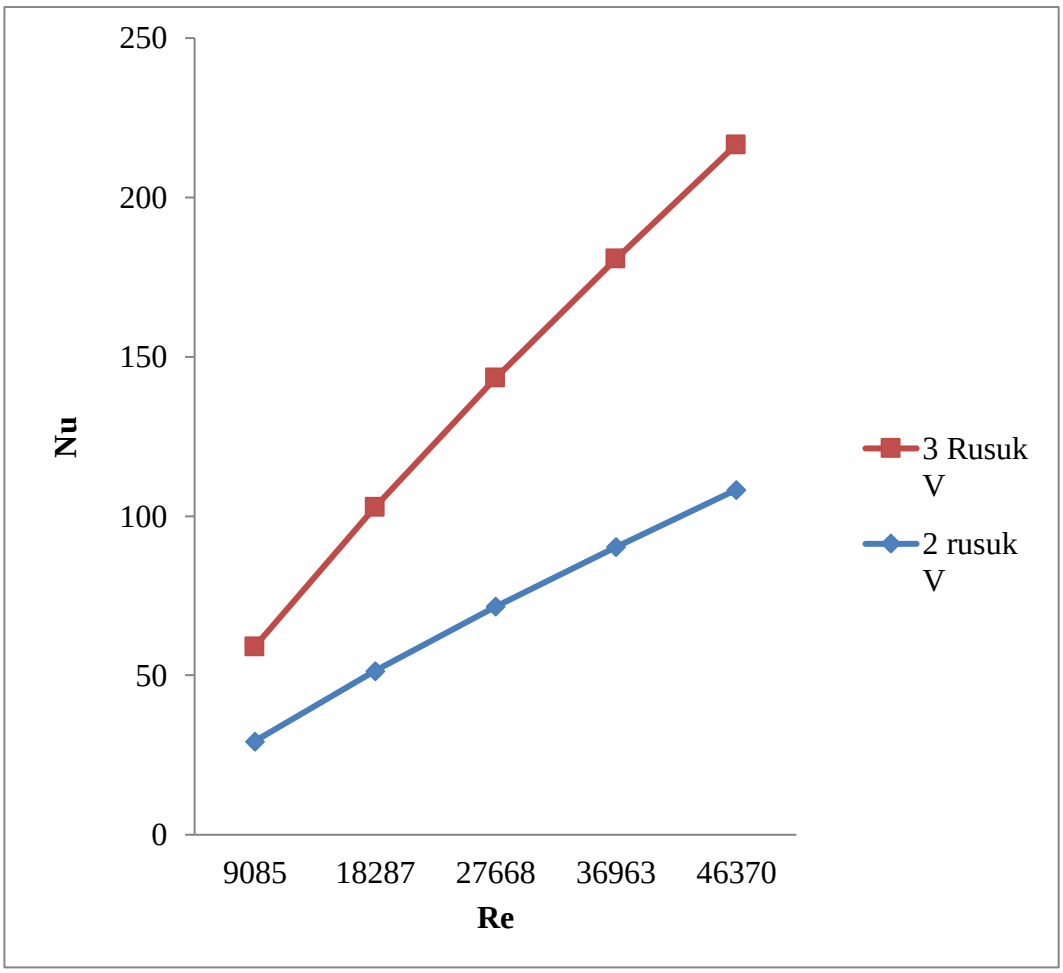
2.Pengaruh bilangan Reynold terhadap koefisien Perpindahan panas konveksi.



Gambar 4.2. Grafik pengaruh bilangan reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi $W/m^2.K$

Dari gambar grafik 4.2 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Koefisien perpindahan panas konveksi Watt. Semakin meningkat nilai kofisien konveksi maka akan semakin meningkatnya bilangan Reynold. Hal ini disebabkan laju aliran udara pada blower meningkat panas dari saluran, sehingga koefisien perpindahan panasnya akan semakin meningkat. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi maksimum terjadi pada 2 rusuk V sebesar 19,2481 $W/m^2.K$

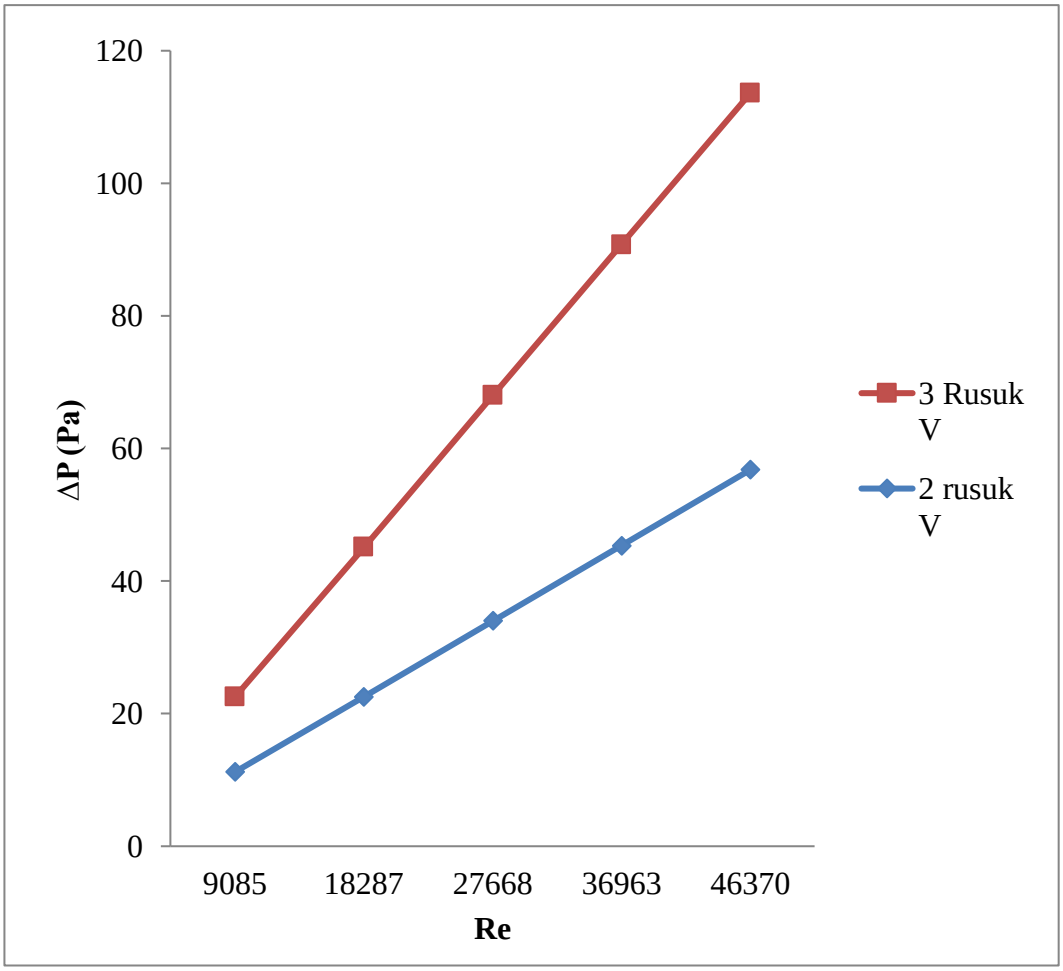
3. Pengaruh bilangan Reynold terhadap Nusselt



Gambar 4.3 Grafik pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt

Dari gambar grafik 4.3 pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt. 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 2 rusuk V sebesar 108,251579.

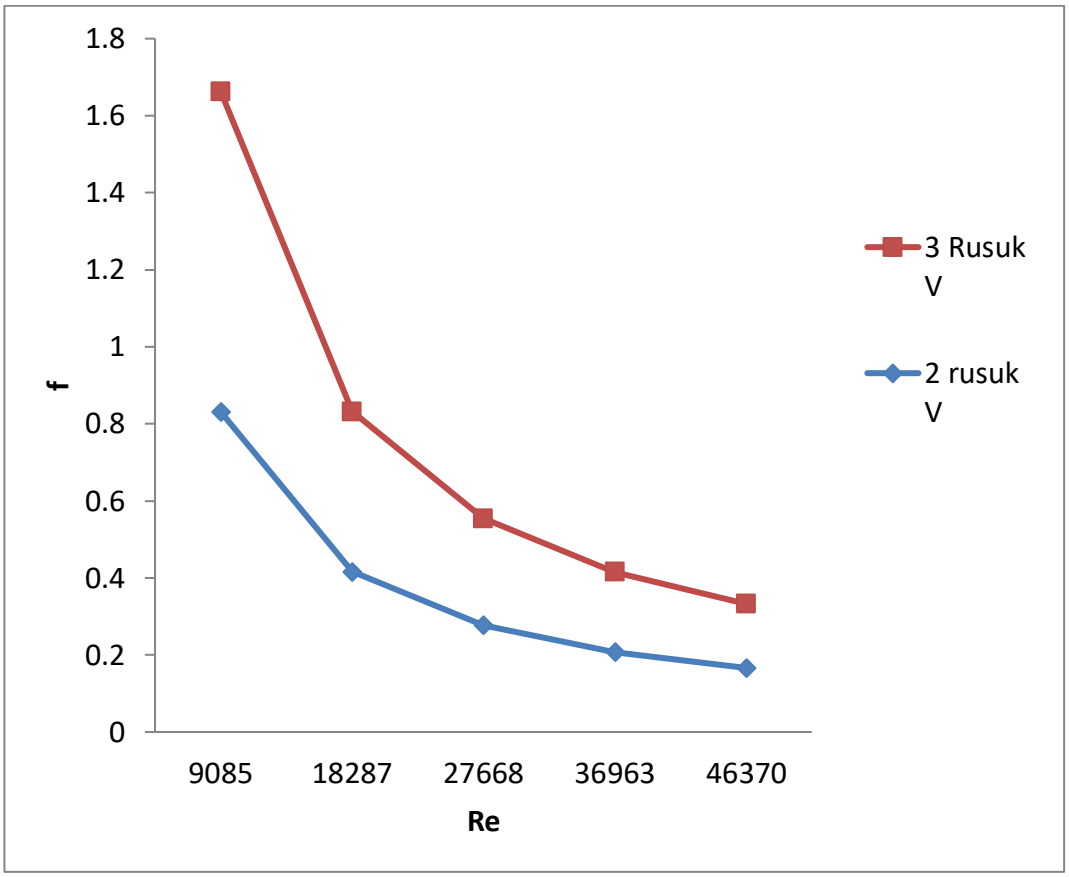
4.Pengaruh bilangan Reynold Terhadap *Pressure Drop*



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

Dari gambar grafik 4.4 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap *Pressure drop* (Pa). Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin meningkatnya *pressure drop* yang terjadi. *Pressure drop* yang terjadi pada perpindahan panas yang 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 56,79231687 Pa.

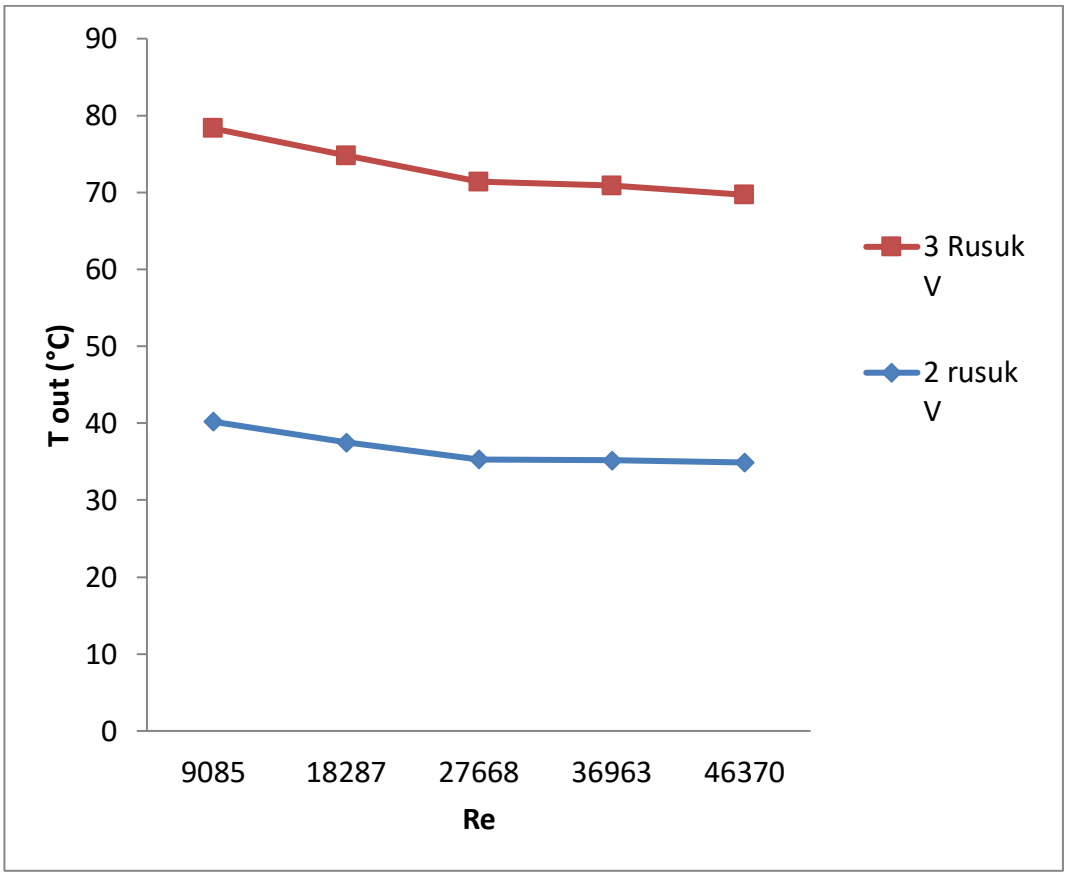
5. Pengaruh bilangan Reynold terhadap *Friction factor*



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.

6. Pengaruh bilangan Reynold terhadap T out



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out

Dari gambar grafik 4.6 Pengaruh Bilangan Reynold terhadap T out Semakin besar nilai bilangan Reynold maka akan semakin menurun T out yang terjadi.Kecepatan aliran udara sangat berpengaruh T out, semankin laju kecepatan aliran udaranya maka semankin turun T out yang di hasilkan.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Saluran udara berbentuk segiempat dengan belokan 180° yang di buat dengan menggunakan triplek memiliki tebal 10 mm yang pada dalam bagian triplek berlapis triplek melamin. Spesifikasi dimensi bagian dalam saluran segiempat dengan belokan 180° adalah150 mm x 75 mm dan panjang saluran 3540 mm.
2. Dengan penambahan jumlah rusuk maka akan semangkin besar pressure drop yang terjadi. Nilai pressure drop maksimum yang terjadi pada 3 rusuk V adalah 56,79231687 Pa.
3. Bilangan Reynolds semakin besar,maka semakin besar bilangan Nusselt,perpindahan panas konveksi dan koefisien perpindahan panas konveksi yang terjadi.
4. Hasil dari analisa perpindahan panas pada belokan 180° dapat menyimpulkan bahwa aliran yang terjadi adalah aliran turbulen.
5. Dari hasil percobaan di peroleh perpindahan panas yang paling baik adalah 3 rusuk V. Yang di perolehnya dari hasil kecepatan dengan kecepatan aliran udara masuk 5 m/s di peroleh perpindahan panas konveksi tertinggi
6. sebesar 307,9178582 W, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi sebesar 19,24810253, pressure drop yang terjadi sebesar 56,79231687 Pa,dan Faktor gesekan yang terjadi 0,166271186 sehingga di bandingkan 3 rusuk V lebih baik perpindahan yang terjadi dari 2 rusuk V.

5.2. Saran

1. Untuk Studi eksprimental selanjut di harapkan menggunakan saluran yang memiliki belokan 90^0 untuk menganalisa proses perpindahan panas yang terjadi.
2. Mengkalibrasi sebelum menggunakan alat alat penelitian, agar tidak terjadi kesalahan saat pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

Ahn,SW. Kang, AH. Putra, ABK. Lee,DH. 2007 *,An Experimental Investigation of Heat Tranfer 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.

C. A. Siregar, A. M. S. & D. S. (2019). *Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sabagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME*,2(2),131-139.

E. Lee, L.M. Wright, J.C. *Han eat 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.

Haryanto, A.(2015). Perpindahan Panas. Yogyakarta: Innosain.

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.

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.

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

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..

Umurani. K, M. Muharnif, 2019, Pengaruh diameter ubang pembangkit vorteks winglet melengkung terhadap unjuk kerja Apk tipe kompak studi eksperimental, Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(1), 84-93, https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3072.

LAMPIRAN

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

The values of μ, k, c_p, and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures							
T, K	ρ kg/m^3	c_p kJ/kg · °C	$\mu \times 10^5$ kg/m · s	$\nu \times 10^6$ m^2/s	k W/m · °C	$\alpha \times 10^4$ m^2/s	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
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 k	
	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_2F_2	0.073	0.042
Gases:		
Hydrogen	0.175	0.101
Helium	0.141	0.081
Air	0.024	0.0139
Water vapor (saturated)	0.0206	0.0119
Carbon dioxide	0.0146	0.00844

Data rata- rata pengujian 15 menit dengan menggunakan media 2 rusuk V

Kecepatan udara (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)	Monometer (mm)	H (mm)	L (m)	Wb (m)	TF (°C)
1	53	0,4	95	0,31	34,3	40,2	3	0,075	3,54	0,15	37,25
2	53	0,4	124	0,44	32,8	37,5	5	0,075	3,54	0,15	35,15
3	53	0,4	150	0,55	31,9	35,3	7	0,075	3,54	0,15	33,6
4	53	0,4	220	0,85	31,3	35,2	9	0,075	3,54	0,15	33,25
5	53	0,4	227	0,87	30,3	34,9	11	0,075	3,54	0,15	32,6

$\rho(kg/m^3)$	$cp\,(kJ/kg.°C)$	μ $(Kg/m.s)$	$k(W/m.s)$	Pr	Luas penampang m^2	Diameter saluran udara (m)
1,14062	1,0063765	1,8831	0,02702	0,705745	0,01125	0,15
1,14816	1,0062379	1,8835	0,02686	0,706207	0,01125	0,15
1,15372	1,0061356	1,8764	0,02674	0,706548	0,01125	0,15
1,15498	1,0061125	1,8748	0,02671	0,706625	0,01125	0,15
1,15371	1,0060696	1,8718	0,02666	0,706768	0,01125	0,15

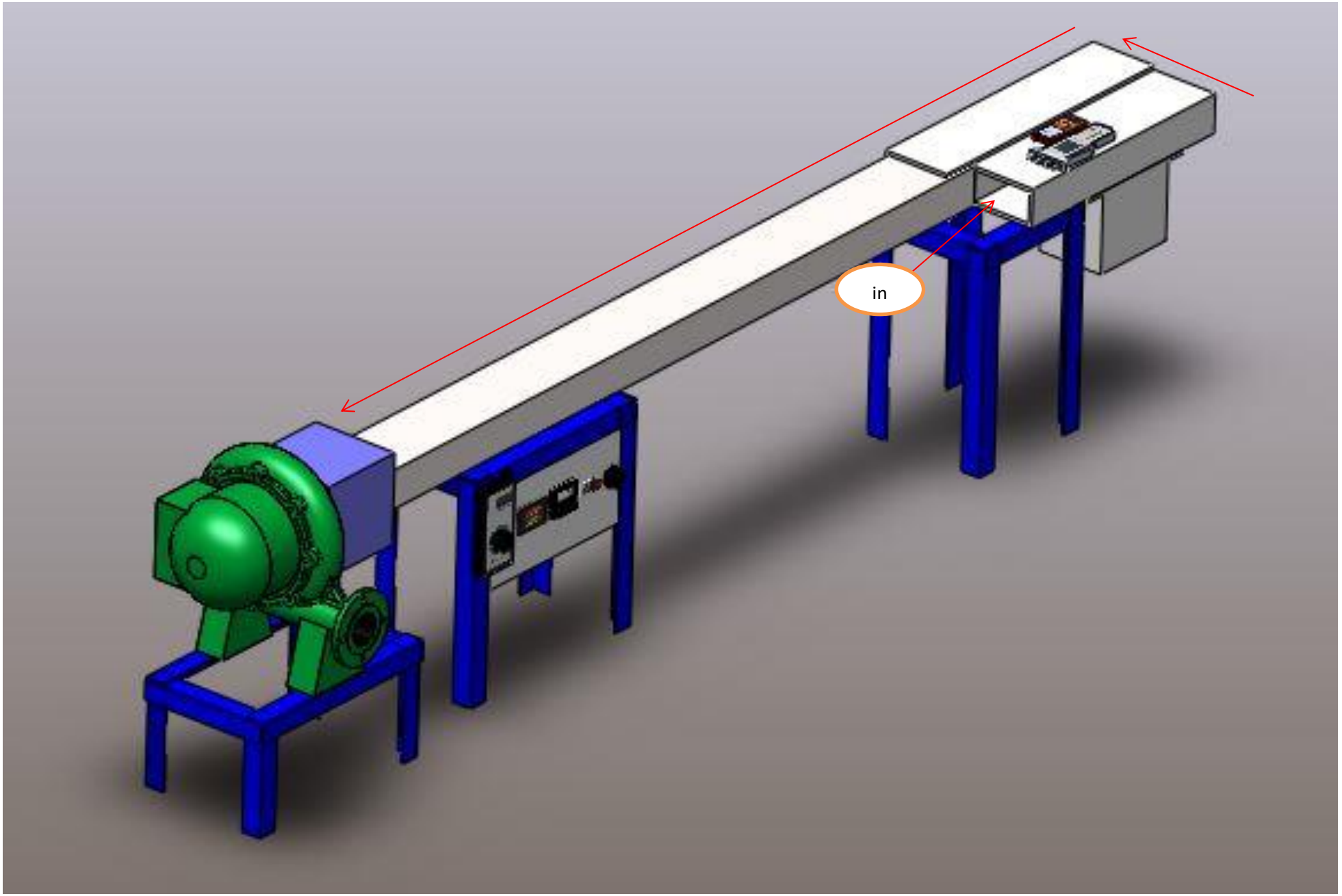
Laju aliran udara (Kg/s)	Perpindahan panas konveksi (Watt)	Koefisein perpindahan panas konveksi $(W\,m^2.K)$	Bilangan nusselt	Bilangan reynold	Penurunan tekanan (Pa)	Faktor gesekan
0,01283197	76,17317051	5,2950151774	29,367978	9085,70973	11,1894822	0.8313
0,0258336	122,1484673	9,205421342	51,407788	18287,7531	22,5268992	0.4157
0,03893805	133,1785033	12,76570068	71,610138	27668,6208	33,9539796	0.2771
0,0519741	203,9011977	16,07691368	90,285925	36963,3027	45,3214152	0.2078
0,06509868	301,2280476	19,24810253	108,25156	46370,7976	56,7660555	0.1663

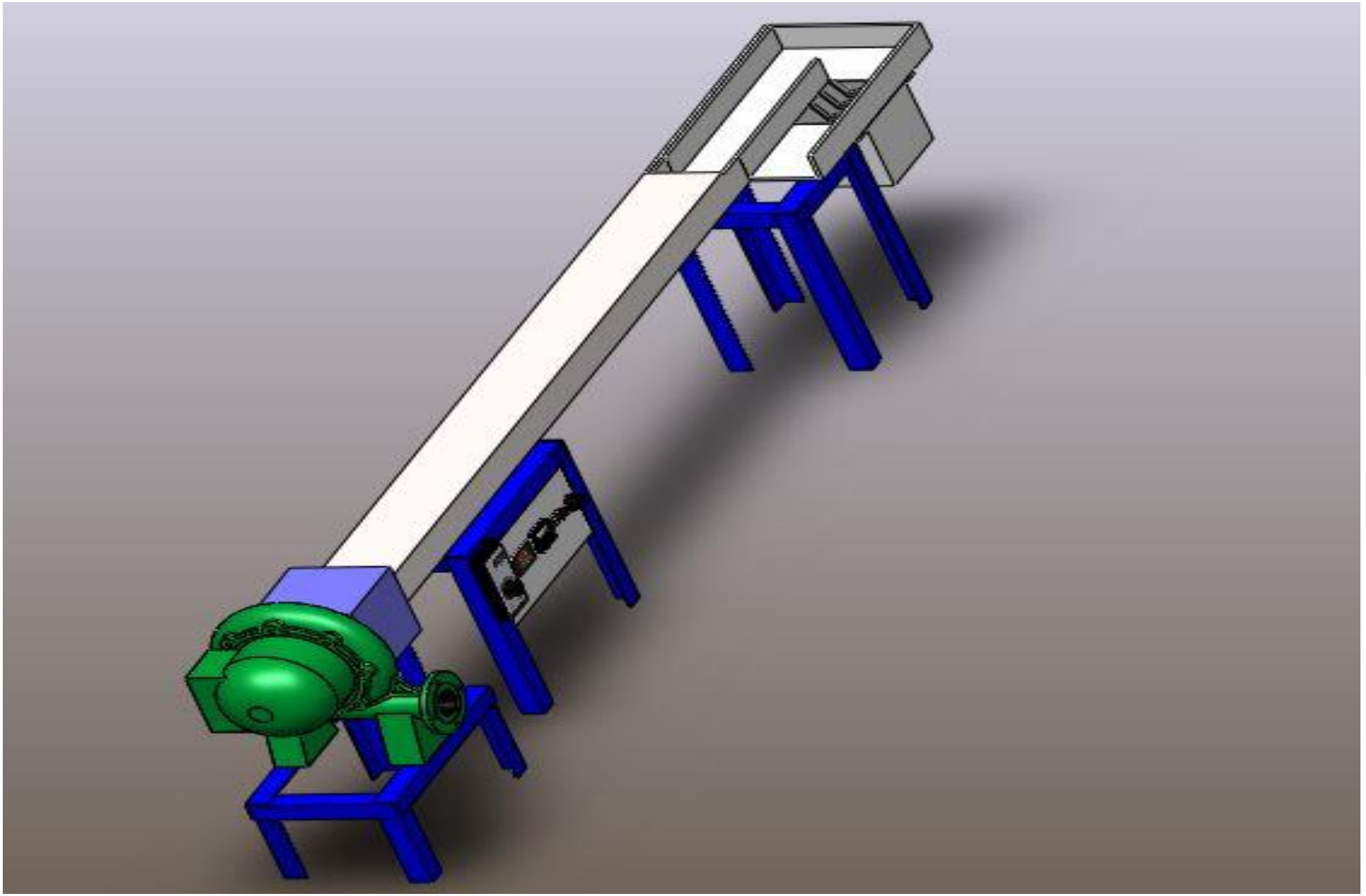
Data rata- rata pengujian 15 menit dengan menggunakan media 3 rusuk V

Kecepatan udara (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)	Monometer (mm)	H (mm)	L (m)	Wb (m)	TF (°C)
1	53	0,4	92	0,30	30,1	38,12	3	0,075	3,54	0,15	34,11
2	53	0,4	122	0,45	32,1	37,3	5	0,075	3,54	0,15	33,8
3	53	0,4	150	0,50	30,5	36,1	7	0,075	3,54	0,15	33,3
4	53	0,4	192	0,73	30,4	35,7	9	0,075	3,54	0,15	32,9
5	53	0,4	221	0,87	30,1	34,8	11	0,075	3,54	0,15	32,4

$\rho(kg/m^3)$	$cp\,(kJ/kg.°C)$	μ ($Kg/m.s$)	$k(W/m.s)$	Pr	Luas penampang m^2	Diameter saluran udara (m)
1,151889	1,0061693	1,8787	0,026779	0,706436	0,01125	0,15
1,149414	1,0062148	1,8818	0,026831	0,706284	0,01125	0,15
1,154796	1,0061158	1,8750	0,026718	0,706614	0,01125	0,15
1,156231	1,0060894	1,8732	0,026687	0,706702	0,01125	0,15
1,157845	1,0060597	1,8711	0,026653	0,706801	0,01125	0,15

Laju aliran udara (Kg/s)	Perpindahan panas konveksi (Watt)	Koefisein perpindahan panas konveksi $(W\,m^2.K)$	Bilangan nusselt	Bilangan reynold	Penurunan tekanan (Pa)	Faktor gesekan
0,01295875	104,5634523	5,2962574	29,66648	9196,792783	11,30003403	0.8313
0,02586181	130,0832161	9,21024605	51,48986	18323,25837	22,55149483	0.4157
0,03897435	219,5558886	12,77243477	71,70814	27714,6687	33,98563451	0.2771
0,05203039	261,6948911	16,08881456	90,42988	37034,97078	45,37049659	0.2078
0,06512880	307,9178582	19,24810253	108,32565	46409,37724	56,79231687	0.1663


in



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

Peserta seminar
Nama : Jody Kurniawan
NPM : 1607230102
Judul Tugas Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Belokan 180" Dengan Rusuk V.

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	1607230120	FEBI GUNAWAN	
2	1607230156	Abdika Butar Butar	
3	1607230088	Tito Nironto	
4	1607230145	M. Algi Fani	
5	1607230132	Rahmad	
6	1607230111	Bobby fareri	
7	1607230172	Henri Hermawan	
8			
9			
10			

Medan,27 Sya'ban 1442 H
10 April 2021 M

Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Jody Kurniawan
NPM : 1607230102
Judul T.Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Belokan 180' Dengan Rusuk V

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 :

   .....
   .....Gelar Ganda.....
   .....
   .....
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :

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

Medan 27 Sya'ban 1442H
10 April 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Jody Kurniawan
NPM : 1607230102
Judul T.Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Saluran Segiempat Dengan Belokan 180' Dengan Rusuk V

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 :
   ..... Sesuai Catatan .....
   .....
   .....
   .....
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :
   .....
   .....
   .....
   .....

Medan 27 Sya'ban 1442H
10 April 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

Chandra A Siregar.S.T.M.T

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : http://fatek.umsu.ac.id E-mail : fatek@umsu.ac.id

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 231/1II.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 10 Februari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama	: JODY KURNIAWAN
Npm	: 1607230102
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Semester	: IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir	: PERPINDAHAN PANAS PADA SALURAN SEGI EMPAT DENGAN BELOKAN 180 DENGAN RUSUK V
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, 28 Jumadil Akhir 1442 H
10 Februari 2021 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perpindahan Panas Pada Saluran Segi Empat Dengan Belokan 180° Dengan Rusuk V

Nama : JODY KURNIAWAN
NPM : 1607230102

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1)	28 - 11 - 2019	– Pemberian spesifikasi tugas Akhir	
2)	07 - 12 - 2019	– Perbaiki pendahuluan	
3)	15 - 12 - 2019	– Perbaiki tinjauan pustaka	
4)	25 - 02 - 2020	– Buat persamaan & dalam analisa data.	
5)	04 - 01 - 2021	– Perbaiki Metode	
6)	23 - 02 - 2021	– Lengkapi prosedur	
7)	24 - 03 - 2021	– Perbaiki Analisa data	
8)	27 - 03 - 2021	– Perbaiki kesimpulan	
9)	31 - 03 - 2021	– Acc, seminar Hasil	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama	: Jody Kurniawan
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Indrapura, 08 Maret 1997
Alamat	: Desa Sei Silau Timur Dusun 1 A Kec. Buntu Pane, Kab. Asahan Provinsi Sumatera Utara
Agama	: Islam
E-mail	: kurniawanjody219@gmail.com
No.Hp	: 081328453221

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 010108 Sei Silau Timur	Tahun 2003-2009
2. SMP N 1 Setia JanjiI	Tahun 2009-2012
3. SMA N 2 Kisaran	Tahun 2012-2015
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2016-2021