

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA PLAT RATA DENGAN MEDIA BERPORI (*POROUS*)

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

Disusun Oleh:

RIZA FAUZI PRATAMA
1607230144



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

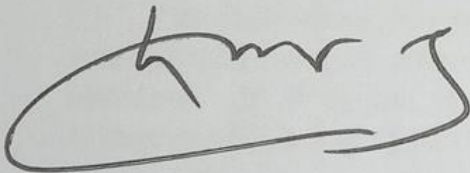
Nama : Riza Fauzi Pratama
NPM : 1607230144
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (*Porous*)
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, 3 April 2021

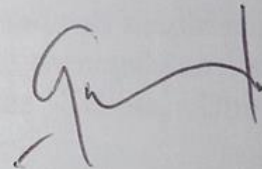
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



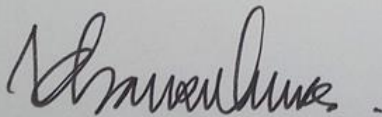
Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T

Dosen Penguji



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

DosenPenguji



Khairul Umurani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Riza Fauzi Pratama
Tempat /Tanggal Lahir :Batang Serangan/ 20 Januari 1998
NPM : 1607230144
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous)”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

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

Medan, 3 April 2021



Saya yang menyatakan,

Riza Fauzi Pratama

ABSTRAK

Perpindahan panas adalah salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang juga mempelajari cara menghasilkan panas, menggunakan panas, mengubah panas, dan menukarkan panas di antara sistem fisik. Perpindahan panas dengan konveksi paksa dengan media berpori adalah sebuah hal yang menarik banyak peneliti untuk melakukan penelitian, laju perpindahan panas konveksi pada plat rata dengan temperatur tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan perpindahan panas atau kedua-duanya. Pada penelitian ini digunakan batu dan kelereng sebagai spesimen media berpori berdiameter 15 mm dengan porositas batu sebesar 43,8 %, dan kelereng 50,3 % yang di kemas di atas plat rata dan di uji didalam saluran udara segi empat dengan kecepatan udara 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. Melakukan pengukuran eksperimental pada pemanas yang diatur pada tegangan 45 V. Setelah kondisi tunak tercapai, mencatat suhu pada pada plat rata dan suhu udara sekitar. Bilangan Nusselt tertinggi terjadi pada plat rata dengan spesimen batu sebesar 69,025 dan perpindahan panas konveksi tertinggi terjadi pada plat rata tanpa media berpori sebesar 44,98 Watt, sedangkan perpindahan panas konveksi pada plat rata dengan media berpori batu lebih rendah dari pada palt rata dengan media berpori kelereng. Faktor gesekan semakin mengecil dengan bertambahnya bilangan Reynold. Semakin besar Bilangan Reynold maka akan semakin besar pula Bilangan Nusselt dan perpindahan panas Konveksi, Serta diikuti dengan menurunnya Faktor Gesekan.

Kata Kunci : Plat Rata, Media Berpori, Bilangan Reynold, Bilangan Nusslet

ABSTRAK

Heat transfer is a thermal engineering discipline that studies how to generate heat, use heat, convert heat, and exchange heat between physical systems. Heat transfer by forced convection with porous media is something that attracts many researchers to conduct research, the convection heat transfer rate on a flat plate with a certain temperature can be increased by increasing the average heat transfer coefficient, increasing the surface area of heat transfer or both. In this study, stones and marbles were used as specimens of porous media with a diameter of 15 mm with a rock porosity of 43.8%, and marbles of 50.3% which were packed on a flat plate and tested in a rectangular air channel with an air velocity of 1 m / s, 2 m / s, 3 m / s, 4 m / s, 5 m / s. Take experimental measurements on a heater set at 45 V. After steady conditions are established, record the temperature on the flat plate and the ambient air temperature. The highest Nusselt number occurs on flat plates with rock specimens of 69.025 and the highest convection heat transfer occurs on flat plates without porous media at 44.98 Watt, while convection heat transfer on flat plates with rock-porous media is lower than flat plates with porous media marbles. The friction factor decreases as the Reynold number increases. The greater the Reynold Number, the greater the Nusselt Number and the Convection heat transfer, followed by a decrease in the Friction Factor.

Keywords: Flat Plate, Porous Media, Reynold Number, Nusslet Number

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (*Porous*)” 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 sekaligus Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I sekaligus Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A. Siregar S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi S.T., M.T. selaku Ketua Program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Orang tua penulis yang telah merawat dan membesarkan penulis, dan selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah mendidik dan memberikan banyak ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Seluruh Pegawai Tata Usaha pada Program Studi Teknik Mesin.

8. Teman-teman seperjuangan, Rahmad Husein, Dedek Irwansyah, M. Algi Fari, Muhammad Fahri, Jodi Kurniawan, yang telah membantu dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini..

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 TeknikMesin.

Medan, 30Maret 2021



Riza Fauzi Pratama

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Meia Berpori	3
2.2 Pemanas Listrik	3
2.3 Perpindahan Panas	5
2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi	5
2.3.2 Perpindahan Panas Konveksi	6
2.3.3 Perpindahan Panas Radiasi	8
2.4 Bilangan Reynold	8
2.5 Bilangan Nusselt	9
2.6 Bilangan Prandtl	10
2.7 Faktor Gesekan	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu Dan Tempat	11
3.1.1 Waktu	11
3.1.2 Tempat	11
3.2 Alat Dan Bahan	12
3.3 Bagan Alir	18
3.4 Rancangan Alat Penelitian	19
3.5 Prosedur Penelitian	20
3.5.1 Langkah Persiapan	20
3.5.2 Langkah Percobaan	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Perhitungan Porositas Media Berpori	22
4.2 Perhitungan Perpindahan Panas Konduksi	23
4.3 Perhitungan Data Penelitian	27
4.4 Analisa Data	31

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 saran	33
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan Pada 0 °C	6
Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	11
Tabe 4.1 Interpolasi Properti Udara	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemilihan Media Berpori	4
Gambar 2.2 Konveksi Paksa	7
Gambar 2.3 Koveksi Bebas	7
Gambar 2.4 Aliran Laminar	9
Gambar 2.5 Aliran Turbulen	9
Gambar 3.1Alat Uji Perpindahan Panas Pada Saluran Udara Segi Empat	12
Gambar 3.2Fan Hisap	12
Gambar 3.3Plat Alumunium	13
Gambar 3.4 Pemanas Listrik	13
Gambar 3.5Isolasi Asbes	13
Gambar 3.6Pelurus Aliran Udara	14
Gambar 3.7Manometer Type U	14
Gambar 3.8Thermocouple Type T	15
Gambar 3.9Thermometer Digital	15
Gambar 3.10Dimmer	16
Gambar 3.11Anemometer	16
Gambar 3.12Speed Kontroler	16
Gambar 3.13Volt Meter	17
Gambar 3.14Ampere Meter	17
Gambar 3.15 Media Berpori	17
Gambar 3.16 sketsa Alat Peneitian	19
Gambar 3.17 Bagian-Bagian Alat Penelitian	19
Gambar 3.18 Aketsa Unit Pemanas	20
Gambar 4.1 Perpindahan panas konduksi pada plat rata dengan media berpori batu	23
Gambar 4.2 Perpindahan panas konduksi pada plat alumunium	24
Gambar 4.3 Perpindahan panas konduksi pada media berpori batu	24
Gambar 4.4 Perpindahan panas konduksi pada plat rata dengan media berpori kelereng	25
Gambar 4.5 Grafik Perpindahan panas konduksi pada plat alumunium	26
Gambar 4.6 Perpindahan panas konduksi pada media berpori kelereng	26
Gambar 4.7 Sketsa SaluranUdara	28
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Bilangan Nusselt	31
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas Konveksi	31
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Faktor Gesekan	32

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 ^o K)
T	: temperatur rata-rata fluida,	(K)
ε	: Emisivitas Bahan	
σ	: Konstantan Stefan Boltzmann	(5,67x 10 ⁻⁸), w ² /m ² K ²
A	: luas permukaan pelat yang dipanaskan	(m ²)
qt	: total input daya pemanas	(Watt)
R_m	: resistensi pemanas utama	(Ω)
T_w	: suhu permukaan	(K)
u	: kecepatan udara	(m/s)
V_m	: tegangan listrik di pemanas utama	(Volt)
μ	: viskositas dinamis dari fluida	(kg/m.s)
ν	: viskositas kinematik dari fluida	(m ² / s)
ρ	: densitas fluida	(kg / m ³)
L	: panjang pelat uji	(m)
$\text{Cos } \emptyset$: faktor daya	
v_s	: volume solid yang di ukur yang menempati bagian uji media berpori terhadap kepadatannya	
v_t	: volume total bagian uji media berpori	
$\text{Nu}L$: rata-rata angka Nusselt untuk plat dengan media berpori	
Re	: Bilangan reynold	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perpindahan Panas adalah salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang juga mempelajari cara menghasilkan panas, menggunakan panas, mengubah panas, dan menukarkan panas di antara sistem fisik. Laju perpindahan panas konveksi pada plat rata dengan temperatur tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan perpindahan panas atau kedua-duanya. Perpindahan panas dengan konveksi paksa dengan media berpori adalah sebuah hal yang menarik banyak peneliti untuk melakukan penelitian. Dalam penerapannya mencakup proses isothermaldi atas plat rata pada berbagai kondisi profil kecepatan.

Peningkatan fenomenal dalam tingkat perpindahan panas yang dihasilkan dengan menggunakan bahan berpori sebagai media telah merangsang minat yang signifikan bagi para peneliti untuk mengembangkan model yang tepat untuk mensimulasikan perilaku termal dalam media berpori. Contoh umum aplikasi yang memanfaatkan media berpori termasuk proses *absorpsi* dan *adsorpsi*, filter yang dikemas, penukar panas jenis kerikil, dan unit penyimpanan energi. Selain itu, pemanfaatan media berpori dalam aplikasi fluks panas tinggi sebagai teknik untuk menambah perpindahan panas telah terbukti menjadi bidang penelitian yang menjanjikan.

(Sakr, et.al, 2007) meneliti tentang perpindahan panas konveksi paksa pada plat panas mirirng yang ditempatkan dibawah media berpori, dengan menggunakan media berpori PVC, kaca, dan baja. ia menyimpulakn bahwa keberadaan media berpori yang dikemas akan meningkatkan koefisien perpindahan panas, dan koefisien perpindahan panas meningkat dengan meningkatnya bilangan Reynold.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian Perpindahan panas pada plat rata dengan media berpori dengan variasi kecepatan udara yang mengalir pada saluran udara. Perubahan kecepatan akan menimbulkan perubahan temperatur yang terjadi pada plat rata. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan perpindahan panas pada plat rata dengan media berpori terhadap udara yang mengalir. Besaran lain untuk menunjukkan laju perpindahan panas dapat dinyatakan dalam bilangan

tanpa dimensi yaitu bilangan Nusselt. hasil dari pengujian ini akan ditampilkan dalam hubungan kecepatan terhadap penurunan temperatur dan bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana laju perpindahan panas pada plat rata dengan media berpori.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini mencakup :

1. kecepatan udara 1m/s, 2m/s, 3m/s, 4m/s, 5m/s pada saluran persegi dengan dimensi 150 mm x 75 mm dan panjang saluran 2000 mm
2. Plat aluminium yang memiliki dimensi panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal 1 mm
3. Menggunakan input tegangan listrik sebesar 45V
4. Media berpori dengan dimensi Panjang 200mm, lebar 150 mm, dan tinggi 3mm. terbuat dari batu dengan diameter 15mm, dan kelereng berdiameter 15mm.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis perpindahan panas konveksi pada plat rata yang disebabkan oleh aliran udara yg melewati rongga-rongga media berpori batu dan kelereng.
2. Untuk membandingkan perpindahan panas konveksi pada plat rata tanpa media berpori, dengan plat rata menggunakan media berpori batu dan kelereng.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Agar Penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang laju perpindahan panas bagi para pembaca.
2. Agar hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Media Berpori

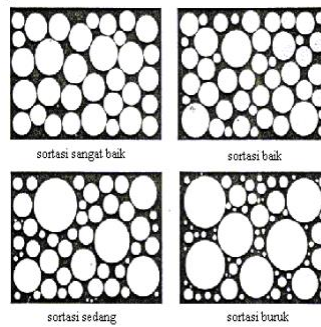
(Mahgoub, 2013) Telah meneliti tentang Perpindahan panas konveksi paksa non-Darcian dari pelat datar yang diletakkan media berpori yang dikemas dengan partikel berbentuk bola dengan berbagai diameter batuan, kelerang 11 mm dan bola baja 11 mm dengan masing masing porositas 0,17, 0,34, dan 0,31. Porositas adalah ukuran dari ruang kosong di antara material, dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume, yang bernilai antara 0 dan 1, atau sebagai persentase antara 0-100%. Istilah ini digunakan di berbagai kajian ilmu seperti geologi, geofisika, farmasi, teknik manufaktur, ilmu tanah, metalurgi, dan sebagainya. Porositas (ϕ) adalah perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan, perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam :

$$\phi = \frac{\text{volume rongga - rongga pori}}{\text{volume total seluruh bebatuan}} \times 100 \%$$

$$\phi = \frac{v_t - v_s}{v_t} \times 100 \%$$
 (2.1)

Dimana v_s adalah volume solid yang di ukur yang menempati bagian uji media berpori terhadap kepadatannya dan v_t adalah volume total bagian uji media berpori. Porositas bergantung pada jenis bahan, ukuran bahan, distribusi pori, sementasi, riwayat diagenetik, dan komposisinya. Porositas bebatuan umumnya berkurang dengan bertambahnya usia dan kedalaman. Namun hal yang berlawanan dapat terjadi yang biasanya dikarenakan riwayat temperatur bebatuan.

Pemilahan (sorting) adalah cara dalam memilih berbagai macam besar butir. Dengan demikian rongga yang terdapat di antara butiran besar akan diisi butiran yang lebih kecil lagi sehingga porositasnya berkurang. Yang di tunjukan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 pemilihan media berpori(Nurwidyanto, 2006)

Porositas primer yaitu porositas yang terbentuk saat pembentukan batuan. Saat proses sedimentasi butiran batuan akan terdapat rongga diantara butiran-butiran tersebut. Rongga - rongga tersebut merupakan porositas primer. Porositas sekunder yaitu porositas yang terbentuk karena proses geologi yang dialami oleh batuan yang sudah jadi sehingga mengakibatkan terbentuknya space yang dapat menjadi porositas yang baru.

2.2 Pemanas listrik

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik yang bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah nikel yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. (Rokhadi, 2015) Melakukan penelitian Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapis melamin dengan rangka dari kayu, dengan spesifikasi dimensinya adalah 150 mm x 75 mm x 2000 mm. Dengan 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.

Untuk Tahanan pemanas listrik dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$R_m = V / I \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk daya pemanas yang dihasilkan pemanas menggunakan persamaan:

$$qt = \frac{V^2 \times \text{Cos } \phi}{R_m} \quad (2.3)$$

Faktor daya, Cos adalah 0,98 untuk beban resistif (pemanas) saat ini. Juga, total panas yang hilang oleh radiasi ke lingkungan dan oleh konduksi melalui lapisan isolasi dihitung dalam rentang parameter yang diuji, dan total panas yang hilang. (Qloss) dapat dicari dengan persamaan :

$$Q_{\text{loss}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{radiasi}} \quad (2.4)$$

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur, Panas mengalir dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah, dan perpindahan panas berhenti ketika kedua media mencapai temperatur yang sama. Pada kondisi yang berbeda, berbagai korelasi telah diusulkan untuk Nomor Nusselt, Nomor Reynolds, Nomor Prandtl, koefisien perpindahan panas, dll (Nandan et.al, 2015).

2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Dan konduksi adalah satu satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi.

Jika pada temperatur benda terdapat gradien temperatur (*temperatur gradient*), menurut pengalaman akan terjadi perpindahan panas dari bagian bertemperatur tinggi ke bagian yang bertemperatur rendah. Dikatakan bahwa energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien temperatur normal :

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.5)$$

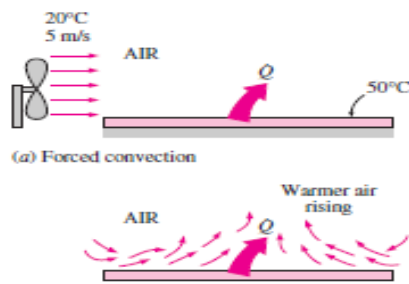
Pada umumnya konduktivitas termal sangat tergantung pada temperatur. Jika aliran panas dinyatakan dalam $W/m^{\circ}C$. Laju panas dan nilai konduktivitas termal menunjukkan berapa cepat panas mengalir dalam bahan tertentu. Dan setiap benda memiliki konduktivitas termal yang berbeda-beda, seperti terlihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

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

Bahan		Konduktivitas Thermal	
		$W/m^{\circ}C$	Btu/h.ft. $^{\circ}F$
Logam	Perak (murni)	410	237
	Tembaga (murni)	385	223
	Aluminium (murni)	202	117
	Nikel (murni)	93	54
	Besi (murni)	73	42
	Baja karbon 1 % C	43	473
Bukan logam	Kuarasa	41,6	24
	Magnesit	4,15	2,4
	Batu pasir	1,83	1,06
	Kaca	0,78	0,45
	Kayu maple	0,17	0,096
Zat cair	Air raksa	8,21	4,74
	Air	0,556	0,327
Gas	H	0,175	0,101
	He	0,141	0,081
	Udara	0,024	0,139
	Uap air jenuh	0,0206	0,0119

2.3.2 Perpindahan panas Konveksi

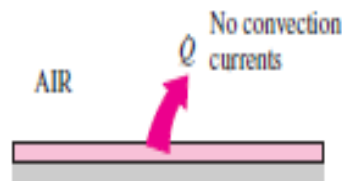
Perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasi menjadi konveksi alami (konveksi bebas) dan konveksi paksa. Koefisien perpindahan panas konveksi (h) sangat ditentukan oleh hidrodinamika aliran dengan menerapkan prinsip keseimbangan energi pada elemen aliran fluida yang ditinjau (Sudia, 2017). Konveksi alami (konveksi bebas) terjadi karena fluida bergerak secara alamiah dimana pergerakan fluida tersebut lebih disebabkan oleh perbedaan massa jenis fluida akibat adanya variasi temperatur pada fluida tersebut (Sudarto, 2010). Logikanya, kalau temperatur fluida tinggi, tentunya dia akan menjadi lebih ringan dan mulai bergerak keatas.



Gambar 2.2 Konveksi paksa pada plat rata (Yunus, A.1995)

konveksi paksa terjadi karena Bergeraknya fluida bukan karena faktor alamiah, seperti yang ditunjukkan pada di gambar 2.2. Fluida bergerak karena adanya alat yang digunakan untuk menggerakkan fluida tersebut, seperti kipas, pompa, blower dan sebagainya.

(b) Free convection



Gambar 2.3 konveksi bebas pada plat rata (Yunus, A.1995)

Gerakan fluida memperbesar perpindahan panas karena gerakan itu mengakibatkan terjadinya kontak antara bagian fluida panas dan fluida dingin, mengakibatkan laju perpindahan panas konduksi lebih besar di banyak lokasi dalam fluida. Perpindahan panas konveksi lebih rumit karena melibatkan gerakan fluida dan konduksi panas (Haryanto, A.2015). Oleh karena itu, laju perpindahan panas konveksi melalui fluida jauh lebih besar dibanding perpindahan panas konduksi.

Perpindahan panas konveksi sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fluida seperti viskositas dinamik μ , konduktifitas termal k , densitas ρ , dan kapasitas panas c_p , serta kecepatan fluida u . Konduktifitas termal fluida dan laju aliran massa memegang peranan penting dalam perpindahan energi konveksi (Umurani & Muharnif, 2019). Laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan :

$$q = h.A.\Delta T \tag{2.6}$$

$$q = h.A(T_w - T_\infty) \quad (2.7)$$

Perpindahan kalor konveksi bergantung pada viskositas fluida di samping ketergantungannya kepada sifat-sifat termal fluida itu (konduktivitas termal, kalor spesifik, densitas). Hal ini dapat dimengerti karena viskositas mempengaruhi profil kecepatan, dan karena itu mempengaruhi laju perpindahan panas di daerah dinding (Shahanwajet.al, 2015).

Untuk perpindahan panas konveksi di dalam saluran udara dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_{conv} = m \cdot Cp \cdot (T_{in} - T_{out}) \quad (2.8)$$

Untuk menghitung laju aliran massa udara m , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

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, bahkan jika terdapat diruang hampa diantara benda – benda tersebut. Energi panas radiasi mengenai suatu bahan, maka sebagian radiasi akan di pantulkan, sebagian lain diserap oleh bahan dan sebagian lainnya diteruskan ke bagian yang lain.

Menghitung besarnya energy radiasi bidang datar dapat digunakan persamaan

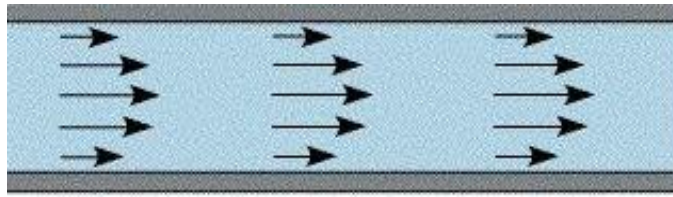
$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A(T_w^4 - T_\infty^4) \quad (2.9)$$

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

2.4 Bilangan Reynold (*Reynold Number*)

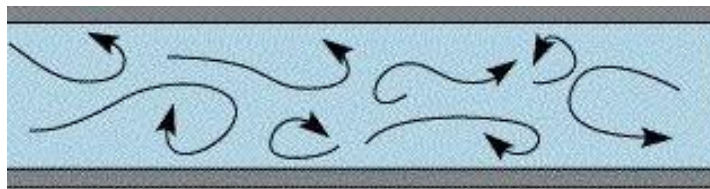
Bilangan Reynolds adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskositas yang menjumlahkan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen (Tanno et al., 2010).

(Umurani, et al 2021) Menyatakan bahwa koefisien perpindahan panas pada jarak rusuk yang lebih rapat memberikan perpindahan panas yang lebih baik.



Gambar 2.4 Aliran Laminar

Biasanya bilangan Reynold pada angka $Re < 2000$ merupakan batas aliran laminar dan angka lebih besar dari $Re > 4000$ dikatakan sebagai aliran turbulen. Seperti ditunjukkan pada gambar (2.4) dan (2.5) sedangkan Reynold di antara keduanya dikatakan aliran transisi.



Gambar 2.5 Aliran Turbulen

Bilangan Reynold juga merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida (Wang et al., 2017). Dan digunakan seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, Bilangan Reynold dapat dicari menggunakan persamaan :

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D_h}{\mu} \quad (2.10)$$

Bilangan Reynold dapat dicari dengan sebelumnya mencari temperatur rata-rata fluida (*temperatur film*) :

$$T_f = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \quad (2.11)$$

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.

2.5 Bilangan Nusselt (*Nusselt Number*)

Bilangan Nusselt adalah rasio pindah panaskanveksi dan konduksinormal, yaitu pada suatu titik terjadinya perpindahan panas secara konveksi dan konduksi

secara bersamaan. Besarnya kalor yang dilepaskan secara konveksi sama dengan perpindahan kalor yang dilepaskan secara konduksi, secara umum bilangan Nusselt pada aliran bebas dapat di hitung dengan persamaan :

$$N_{uL} = \frac{h \cdot L}{k_f} \quad (2.12)$$

Bilangan Nusselt menunjukkan peningkatan relatif perpindahan panas konveksi melalui lapisan fluida dibandingkan konduksi konduksi melintasi lapisan fluida yang sama. Makin besar angka Nusselt berarti perpindahan panas konveksi makin efektif. Rumus diatas dipakai untuk menghitung bilangan Nusselt plat rata pada aliran bebas berdasarkan (J.P. Holman 2010). Sedangkan bilangan Nusselt pada aliran di dalam saluran udara menggunakan persamaan :

$$N_{uL} = \frac{h \cdot D_h}{k_f} \quad (2.13)$$

Untuk Bilangan Nusselt pada aliran turbulen di dalam saluran udara dapat merujuk pada persamaan Dittus Boelter :

$$\overline{Nu}_L = \frac{\overline{h} D_h}{k} = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \quad (2.14)$$

2.6 Bilangan Prandtl

Bilangan Prandtl adalah salah satu bilangan tak berdimensi (Pr) yang bekerja pada ketebalan relatif lapisan batas kecepatan dan lapisan batas termal.

2.7 Faktor Gesekan

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

$$f = \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{D_h} \right) \left(\rho \frac{V^2}{2} \right) \right]} \quad (2.15)$$

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)						
		1	2	3	4	5	6	
1	Study Literatur	■						
2	Desain Dan Pembuatan Alat Uji		■					
3	Pengujian Dan Pengambilan Data			■				
4	Analisa Data				■			
5	Seminar Hasil					■		
6	Sidang Sarjana						■	

3.1.2 Tempat

Penelitian perpindahan panas pada plat rata dengan media berpori (*porous*) dilaksanakan di Laboratorium Fenomena Mesin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2 Alat Dan Bahan

Adapun Bahan dan alat yang digunakan dalam analisa perpindahan panas pada saluran segi empat dengan rusuk adalah sebagai berikut:

1. Saluran Udara Segi Empat

Saluran udara segiempat dibuat menggunakan triplek berlapiskan melamindengan rangka dari kayu, dimana dengan spesifikasi dimensi penampangbagian dalam dari saluran udara segiempat adalah 150 mm x 75 mm x 2000 mm. Saluran udara segi empat ini dilengkapi dengan:



Gambar 3.1 Alat Uji Perpindahan Panas Pada Saluran Udara Segi Empat

2. Fan Hisap

Fan hisap merupakan modifikasi sedemikian rupa dari blower centrifugal, prinsipnya adalah memanfaatkan sisi *suction* blower sehingga udara yang mengalir dalam saluran segi empat adalah udara yang dihisap oleh blower centrifugal.



Gambar 3.2 Fan Hisap

3. Plat datar alumunium



Gambar 3.3 Plat Alumunium
Permukaan pemanas terbuat dari plat aluminium yang memiliki dimensi panjang 200 mm dan lebar 150 mm, dengan ketebalan 1mm. Plat alumunium terletak berada di atas pemanas listrik

4. Pemanas Listrik (*Electric Heater*).



Gambar 3.4 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 listrik dipasang tepat dibawah di bawah plat alumunium dan dilapisi dengan mika tahan panas yang terletak di antara plat dan pemanas .

5. Isolasi Asbes

Isolasi asbes diletakkan di bawah pemanas listrik, berfungsi untuk memberikan isolasi pada pemanas,



Gambar 3.5 Isolasi Asbes

6. 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 x 200 mm, dipasang pada bagian udara masuk ke saluran udara segiempat.



Gambar 3.6 Pelurus Aliran Udara (*Flow Straightener*)

7. Manometer tipe U

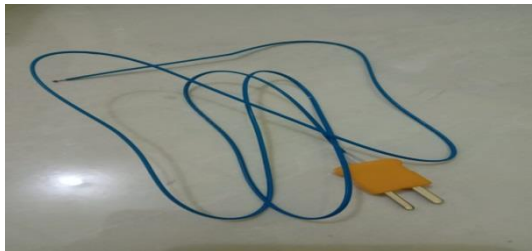
Manometer digunakan untuk mengukur penurunan tekanan udara yang terdiantara sisi masuk dan sisi keluar seksi uji. Manometer pipa U terbuat dari selang plastik berdiameter 5 mm yang kedua ujungnya ditempatkan pada awal dan akhir dari seksi uji sejarak 250 mm, sehingga dapat mengukur besarnya beda tekanan yang terjadi antara keduanya. Fluida yang digunakan dalam manometer ini adalah solar.



Gambar 3.7 Manometer tipe U

8. 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 empat termocouple terletak dibawah plat untuk mengukur temperatur *base plate*.



Gambar 3.8 Termokopel Tipe T

9. *Thermometer digital*

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



Gambar 3.9 Thermometer digital

10. 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 3.10 Dimmer

11. Anemometer

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



Gambar 3.11 Anemometer

12. Speed controler

Speed Controler digunakan untuk mengatur putaran fan hisap agar didapatkan kecepatan aliran udara yang diinginkan.



Gambar 3.12 Speed controler

13. Voltmeter Digital

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



Gambar 3.13 Voltmeter Digital

14. Amperemeter

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



Gambar 3.14 Amperemeter

15. Media berpori

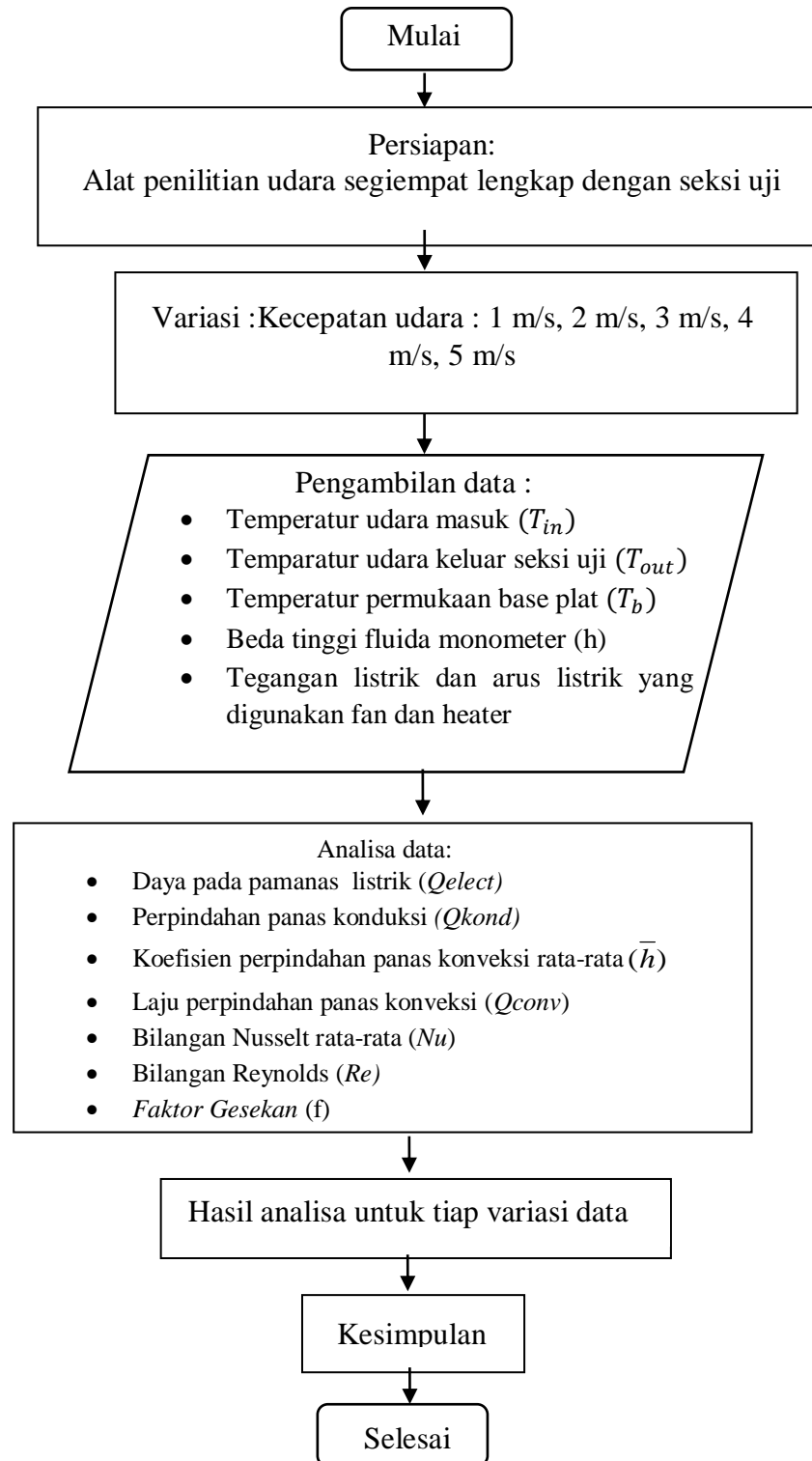
Media berpori yang digunakan adalah kelereng, dan batu, dan memiliki dimensi panjang 200mm, lebar 150 mm, dan tinggi 30 mm.yang disusun dengan jaring kawat dan ditempatkan di atas pelat alumunium



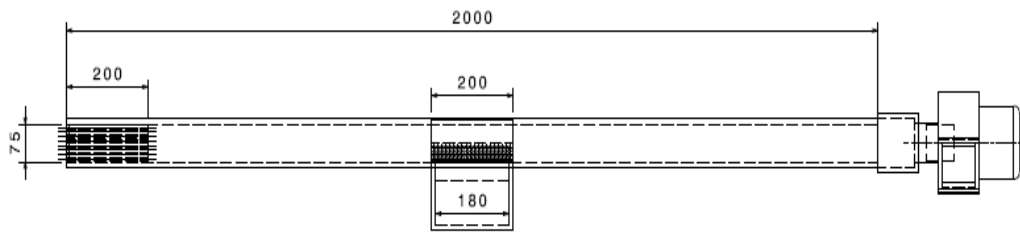
Gambar 3.15 Media Berpori

3.3 Bagan Alir Penelitian

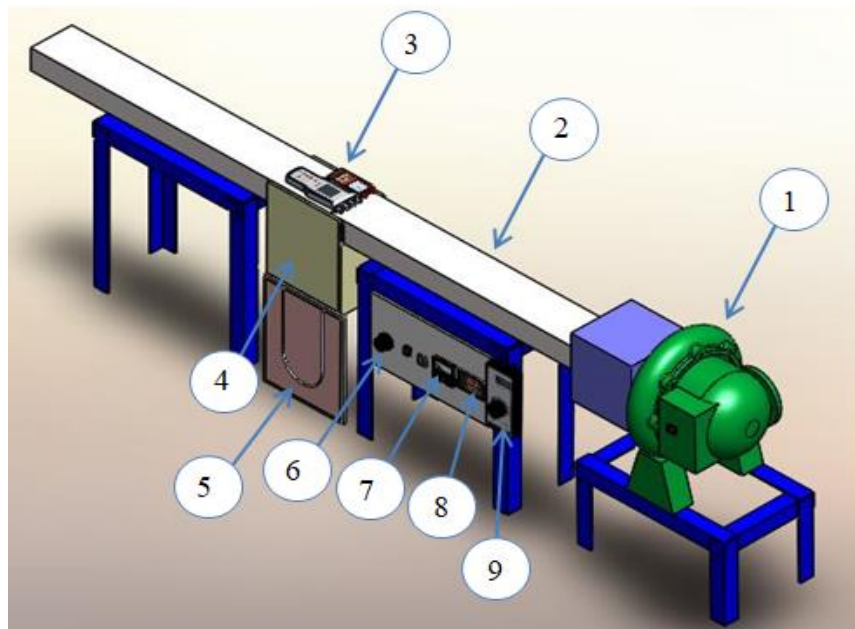
Bagan Alir Penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



3.4 Rancangan alat penelitian



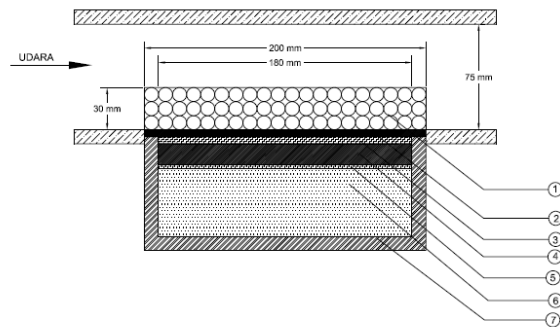
Gambar 3.16 Sketsa alat penelitian



Gambar 3.17Bagian – bagian komponen alat penelitian

Bagian-bagian alat penelitian:

1. Blower centrifugal
2. Saluran udara segi empat
3. Thermometer digital
4. Pemanas Listrik
5. Manometer
6. Dimmer
7. Volt meter digital
8. Ampere meter digital



Gambar 3.18 sketsa unit pemanas

Unit pemanas berada di bagian bawah pada pertengahan saluran udara dan adapun bagian-bagian unit pemanas :

1. Media Berpori
2. Plat Rata
3. Mika Tahan Panas
4. Pemanas Listrik
5. Mika Tahan Panas
6. Isolasi Asbes
7. Bingkai Kayu

3.5 Prosedur penelitian

Pengujian dilakukan di dalam saluran udara persegi empat dengan melakukan pengukuran eksperimental pada pemanas yang diatur pada tegangan 45 Volt. menghitung porositas media berpori, Setelah kondisi tunak tercapai, mencatat suhu pada plat rata dan suhu udara sekitar. Menghitung daya listrik yang dihasilkan dari pemanas. daya listrik dari pemanas ditentukan dari tegangan yang di ukur dan hambatan pemanas yang dikur dengan faktor daya, $\cos \phi$, adalah 0,98. Menghitung bilang Reynold dan bilangan Nusselt berdasarkan aliran udara, serta menghitung perpindahan panas Konveksi, menghitung penurunan tekanan dan faktor gesekan.

3.5.1 Langkah Persiapan

Memastikan bahwa media berpori dan seluruh alat yang digunakan dalam pengujian, seperti fanhisap, saluran udara, seksi uji, pemanas, dimmer, manometer dan alat pendukung lainnya telah terpasang dengan benar dan

berfungsi dengan baik. Memastikan termokopel pengukur temperatur udara masuk dan keluar telah terhubung kethermometer digitalserta termokopel pengukur temperatur pada base plat telah terpasang dengan benar.

3.5.2 Langkah Percobaan

Adapun langkah-langkah prosedur percobaan sebagai berikut :

1. Memasang media berpori ke dalam saluran udara
2. Menghubungkan semua thermocouple dengan thermometer
3. Menghidupkan Heater dengan mengatur tegangan pada 45 volt
4. Tunggu temperatur pada base plat dalam kondisi tunak (*steady state*)
5. Mengukur temperatur permukaan base plat
6. Menghidupkan fan hisap dan mengatur kecepatan udara pada 1 m/s menggunakan speed controller
7. Mencatat seluruh data temperatur dan perbedaan ketinggian manometer pada setiap 3 menit sekali selama 15 menit
8. Mencatat tegangan listrik dan arus listrik yang mengalir pada heater dan fan hisap
9. Matikan heater dan fan hisap setelah mengambil data
10. Ulangi percobaan untuk kecepatan variasi udara yang lain (2 m/s ,3 m/s,4 m/s,5 m/s)
11. Mengulangi percobaan dengan mengganti dengan media berpori yang berbeda
12. Matikan semua alat setelah mengambil data penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Porositas Media Berpori

Pada penelitian ini menggunakan media berpori batu dan kelereng yang di susun di atas plat rata dengan porositas sebagai berikut :

- porositas pada media berpori kelereng

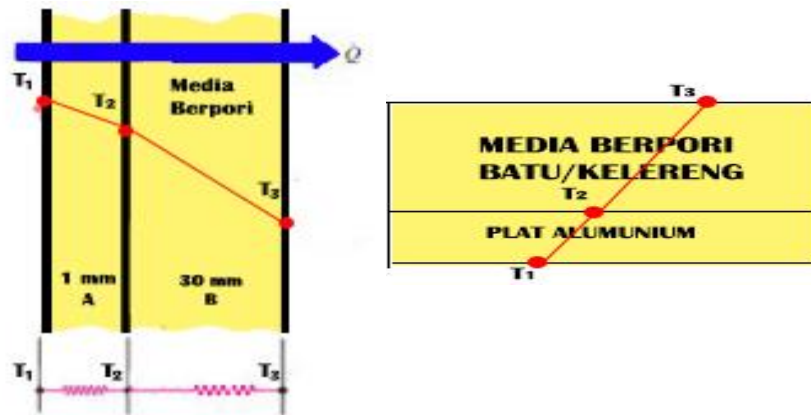
$$\begin{aligned}\varphi &= \frac{v_t - v_s}{v_t} \times 100 \\ &= \frac{(p.l.t) - ((4/3.\pi.r^3) \times \text{jumlah kelereng})}{(p.l.t)} \times 100 \\ &= \frac{(20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}) - ((4/3.(22/7) \times (0,75 \text{ cm})^3 \times 253))}{(20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 3 \text{ cm})} \times 100 \\ &= \frac{900 \text{ cm}^3 - (1,7678 \text{ cm}^3 \times 253)}{900 \text{ cm}^3} \times 100 \\ &= 50,3\%\end{aligned}$$

- Porositas pada media berpori batu

$$\begin{aligned}\varphi &= \frac{v_t - v_s}{v_t} \times 100 \\ &= \frac{(p.l.t) - ((4/3.\pi.r^3) \times \text{jumlah batu})}{(p.l.t)} \times 100 \\ &= \frac{(20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}) - ((4/3.(22/7) \times (0,75 \text{ cm})^3 \times 282))}{(20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 3 \text{ cm})} \times 100 \\ &= \frac{900 \text{ cm}^3 - (1,7678 \text{ cm}^3 \times 286)}{900 \text{ cm}^3} \times 100 \\ &= 43,8\%\end{aligned}$$

4.2 Menghitung Perpindahan Panas Konduksi Pada Kondisi Tunak

- Perpindahan Panas Konduksi Pada Plat Rata dengan Media Berpori Batu



$$\frac{L}{K_A \cdot A} \quad \frac{L}{K_B \cdot A}$$

Gambar 4.1 Perpindahan panas konduksi pada plat rata dengan media berpori batu

Temperatur pada plat rata alumunium (T_1) = 425 °K

Temperatur pada media berpori batu (T_3) = 375,3 °K

Nilai resistensi termal masing-masing bahan

Konduktivitas Thermal bahan diambil dari tabel 2.1

Resistensi Pada Plat Alumunium

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

Resistensi Pada Media Berpori Batu

$$R_B = \frac{L}{K_B \cdot A} = \frac{0,03m}{1,83 (W / m.K) \times 0,03m^2} = 0,546448 \text{ K/W}$$

Total Perpindahan Panas Konduksi Pada Plat Alumunium Dengan Media Berpori Batu

$$q/L = \frac{\Delta_{Total}}{R_{Total}} = \frac{(T_1 - T_3)}{R_A + R_B} = \frac{425 \text{ K} - 375,3 \text{ K}}{0,546613 \text{ K/W}} = 90,923 \text{ W}$$

Temperatur Di Atas Plat Aluminium (T_2)

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_A}$$
$$90,923 \text{ W} = \frac{425 \text{ K} - T_2}{0,000165 \text{ K/W}}$$
$$T_2 = 424,98 \text{ K}$$

Perpindahan Panas Konduksi Pada Plat Aluminium



Gambar 4.2 Perpindahan panas konduksi pada plat aluminium

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K_A \cdot A}} = \frac{(425 \text{ K} - 424,97 \text{ K})}{0,000165 \text{ K/W}} = 90,923 \text{ W}$$

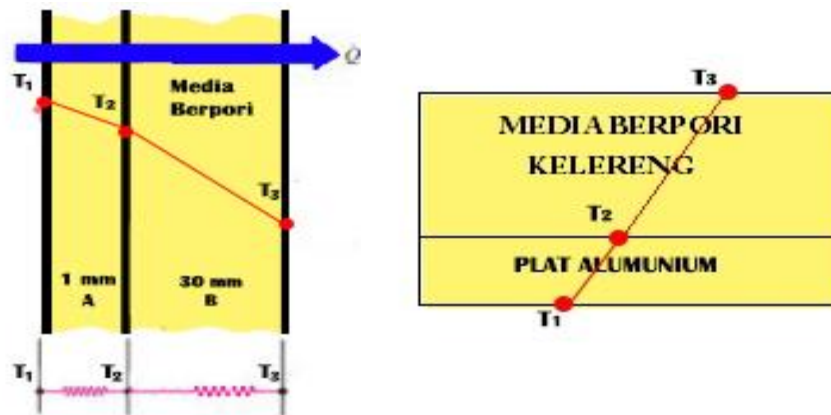
Perpindahan Panas Konduksi Pada Media Berpori Batu



Gambar 4.3 Perpindahan panas konduksi pada media berpori batu

$$q = \frac{T_2 - T_3}{\frac{L}{K_B \cdot A}} = \frac{(424,97 \text{ K} - 360,7 \text{ K})}{0,546 \text{ K/W}} = 90,923 \text{ W}$$

- Perpindahan Panas Konduksi Pada Plat Rata dengan Media Berpori Kelereng



$$\frac{L}{K_A \cdot A} + \frac{L}{K_B \cdot A}$$

Gambar 4.4 Perpindahan panas konduksi pada plat rata dengan media berpori kelereng

Temperatur pada plat rata alumunium $(T_1) = 438 \text{ }^\circ\text{K}$

Temperatur pada media berpori batu $(T_3) = 388,4 \text{ }^\circ\text{K}$

Nilai resistensi termal masing-masing bahan

Konduktivitas Thermal bahan diambil dari tabel 2.1

Resistensi Pada Plat Alumunium

$$R_A = \frac{L}{K_A \cdot A} = \frac{0,0001 \text{ m}}{202 \text{ (W/m.K)} \times 0,03 \text{ m}^2} = 0,000165 \text{ K/W}$$

Resistensi pada media berpori kelereng

$$R_B = \frac{L}{K_B \cdot A} = \frac{0,03 \text{ m}}{0,78 \text{ (W/m.K)} \times 0,03 \text{ m}^2} = 1,282051 \text{ K/W}$$

Total Perpindahan Panas Konduksi Pada Plat rata dengan media berpori kelereng

$$q/L = \frac{\Delta_{Total}}{R_{Total}} = \frac{(T_1 - T_3)}{R_A + R_B} = \frac{438 \text{ K} - 388,4 \text{ K}}{1,282216 \text{ K/W}} = 39,07 \text{ W}$$

Temperatur Di Atas Plat Alumunium (T_2)

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_A}$$
$$39,07 \text{ W} = \frac{438,5 \text{ K} - T_2}{0,000165 \text{ K/W}}$$
$$T_2 = 439,49 \text{ K}$$

Perpindahan Panas Konduksi Pada Plat Alumunium



Gambar 4.5 Perpindahan panas konduksi pada plat alumunium

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K_A \cdot A}} = \frac{(438 \text{ K} - 438,49 \text{ K})}{0,000165 \text{ K/W}} = 39,07 \text{ W}$$

Perpindahan Panas Konduksi Pada Media Berpori Kelereng



Gambar 4.6 Perpindahan panas konduksi pada media berpori kelereng

$$q = \frac{T_2 - T_3}{\frac{L}{K_B \cdot A}} = \frac{(437,95 \text{ K} - 388,4 \text{ K})}{1,282 \text{ K/W}} = 39,07 \text{ W}$$

4.3 Perhitungan Data Penelitian

Dari percobaan pada plat rata dengan media berpori batu, dengan kecepatan udara 1 m/s yang dilakukan didapat data penelitian:

Panjang spesimen (m)	=200 mm	= 0,2 m
Lebar spesimen	= 150mm	= 0,15 m
Tinggi media berpori	= 30 mm	= 0,03m
Luas karakteristik plat(m^2)	=0,03 m^2	
Tegangan pada pemanas (V)	= 45 V	
Arus pada pemanas (I)	=0,3 A	
Tegangan Pada Fan Hisap	= 77 V	
Arus Pada Fan Hisap	= 0,25 A	
Ketinggian fluida Monometer (h)	= 0,5 mm	

$$T_{in,rata-rata} = T_{in} = 30,3 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,3 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{out,rata-rata} = T_{out} = 31,9 \text{ } ^\circ\text{C} = 304,9 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{base,rata-rata} = T_w = 152 \text{ } ^\circ\text{C} = 425 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Perhitungan data dari hasil percobaan pada spesimen batu dengan kecepatan udara 1 m/s yang dilakukan adalah :

- Temperatur *film*

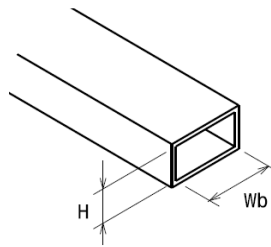
$$\begin{aligned} T_f &= \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \\ &= \frac{303,3^\circ\text{K} + 304,9^\circ\text{K}}{2} \\ &= 304,1^\circ\text{K} \end{aligned}$$

- Properti udara

Tab 4.1 Tabel Interpolasi Properti Udara

Properti udara	Suhu udara (364,15 K)
ρ (kg/m^3)	0,99658
cp ($kJ/kg.^{\circ}C$)	1,010315
$\mu \times 10^5$ ($kg/m.s$)	2,130493
k ($W/m.s$)	0,030982
Pr	0,6933

- Luas penampang melintang saluran udara



Gambar 4.7 Sketsa Saluran Udara

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

- Luas permukaan perpindahan panas pada plat rata

$$\begin{aligned}
 A &= W_b \times L \\
 &= 0,15 \times 0,20 \\
 &= 0,03 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Diameter hidrolis saluran udara

$$\begin{aligned}
 Dh &= \frac{4A}{P} \\
 &= \frac{4.H.W_b}{2(H + W_b)} \\
 &= \frac{4 \times 0,075 \text{ m} \times 0,15}{2 \times (0,075 + 0,15)} \\
 &= 0,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Tahanan Pada Pemanas

$$\begin{aligned}
 R_m &= V / I \\
 &= 45 / 0,3 \\
 &= 150 \Omega
 \end{aligned}$$

- Daya pada pemanas (*Q_{elect}*)

$$\begin{aligned}
 qt &= \frac{V^2 \times \text{Cos } \phi}{R_m} \\
 &= \frac{45^2 \times 0,98}{150} \\
 &= 13,23 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Perpindahan panas radiasi Pada plat Rata

$$\begin{aligned}
 q &= \varepsilon \sigma A (T_w - T_\infty) \\
 &= 0,09 \cdot x (5,67 \times 10^{-8}) \cdot x 0,03 \text{ m}^2 \cdot x (425^4 - 303,3^4) \\
 &= 4,3634 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Bilangan Reynold

ρ dan μ diambil dari tabel 4.1

$$\begin{aligned}
 R_e &= \frac{\rho \cdot u \cdot D_h}{\mu} \\
 &= \frac{0,99658 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 1 \text{ m} / \text{s} \times 0,1 \text{ m}}{2,130493 \times 10^{-5} \text{ kg} / \text{m} \cdot \text{s}} \\
 &= 4603
 \end{aligned}$$

- Bilangan Nusselt rata-rata

Karena Bilangan Reynold $Re > 4000$, adalah turbulen maka bilangan Nusselt memakai persamaan Dittus and Boelter.

$$\begin{aligned} \overline{Nul} &= \frac{\bar{h} D_h}{k} = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \\ &= 0,023 (4603,10^{0,8}) (0,6933^{0,4}) \\ &= 17,144 \end{aligned}$$

- Koefisien Perpindahan panas Rata- rata

Nilai k diambil dari tabel 4.1

$$\begin{aligned} \bar{h} &= \overline{Nul} \frac{k}{D_h} \\ &= \frac{17,144 \times 0,030982}{0,1 m} \\ &= 5,311 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°K} \end{aligned}$$

- Perpindahan panas konveksi pada plat rata

$$\begin{aligned} Q &= h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty) \\ &= 5,311 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \times 0,03 \text{ m}^2 \times (425 - 303,3) \text{ °K} \\ &= 19,40 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Penurunan tekanan

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

$$\begin{aligned} &= 0,99658 \text{ kg / m}^3 \times 9,81 \text{ m / s}^2 \times 0,0005 \text{ m} \\ &= 0,0048 \text{ Pa} \end{aligned}$$

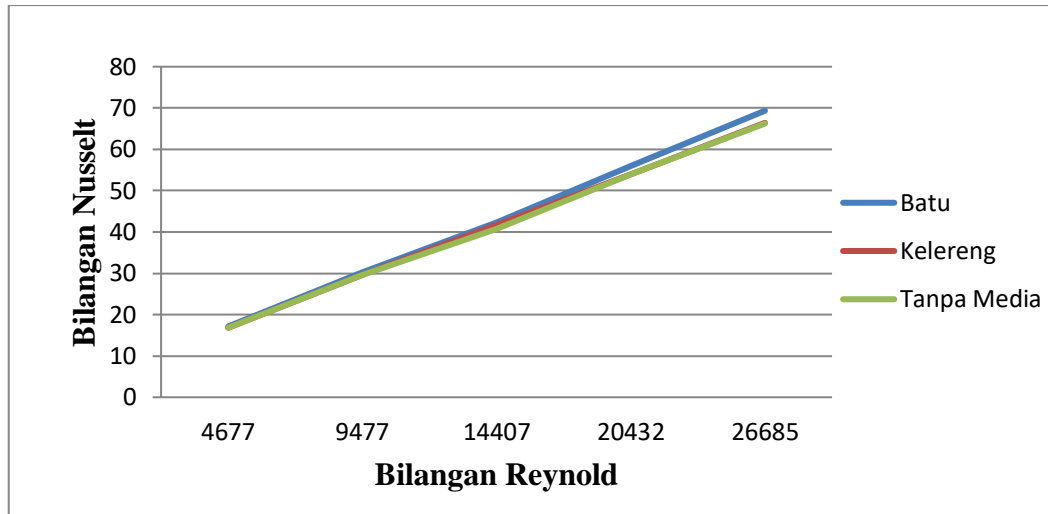
- Faktor gesekan

$$\begin{aligned} f &= \frac{\Delta P}{\left[\left(\frac{L}{D_h} \right) \left(\rho \frac{V^2}{2} \right) \right]} \\ &= \frac{0,0048 \text{ Pa}}{\left[\left(\frac{0,2 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \right) \left(0,99658 \text{ Kg / m}^3 \times \frac{(1 \text{ m / s})^2}{2} \right) \right]} \end{aligned}$$

$$= 0,0049$$

4.2 Analisa Data

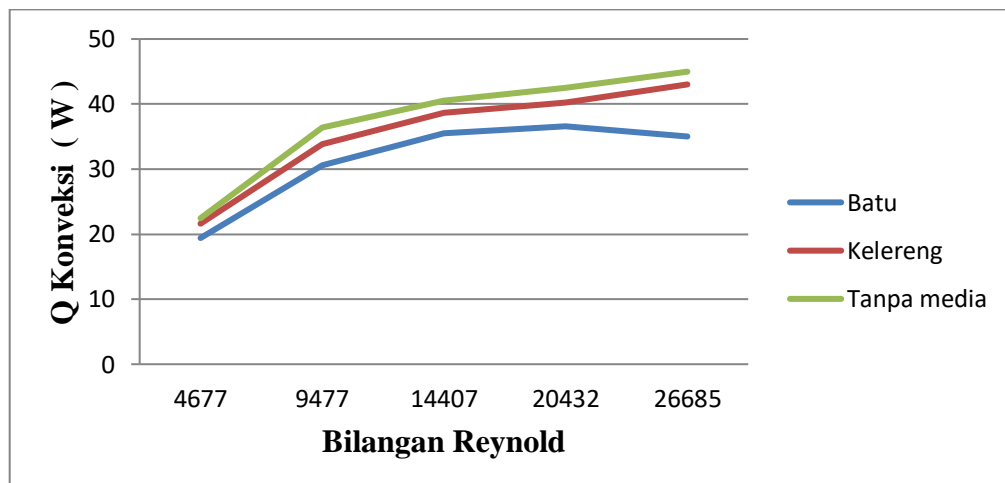
1. Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Bilangan Nusselt Rata-rata



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold terhadap Bilangan Nusselt

Dari gambar grafik 4.1 pengaruh bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt menunjukkan bahwasannya besar bilangan Reynold sangat berpengaruh terhadap tingginya bilangan Nusselt. Tidak ada perbedaan besar antara bilangan Nusselt pada plat rata tanpa media berpori dengan media batu maupun kelereng, tetapi pada pada bilangan Reynold 26685, bilangan Nusselt tertinggi terjadi pada plat rata dengan media berpori batu sebesar 69,025.

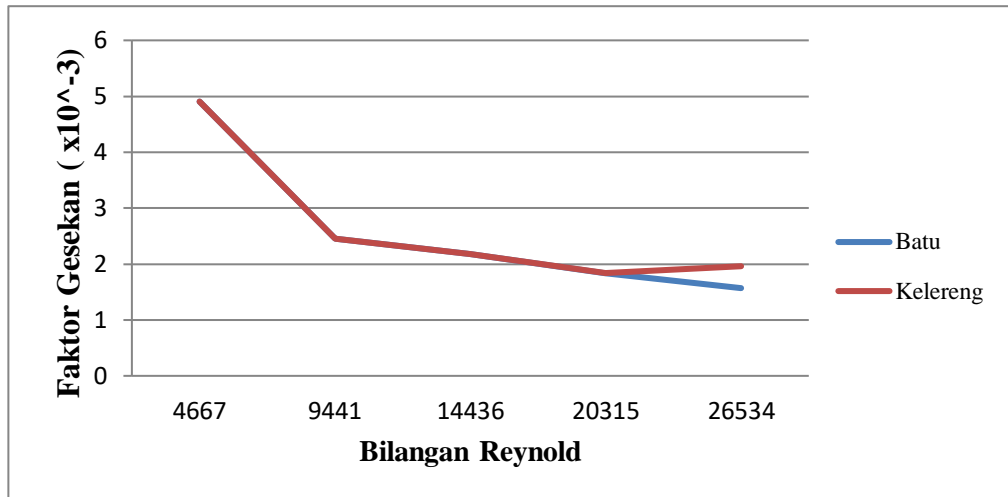
2. Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas Konveksi



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas Konveksi

Dari gambar grafik 4.2 pengaruh Bilangan Reynold terhadap Perpindahan Panas Konveksi, pada bilangan Reynold 26685 terlihat bahwa perpindahan panas konveksi pada plat rata tanpa media berpori lebih tinggi dari pada menggunakan media berpori batu dan kelereng sebesar 44,98 Watt sedangkan pada plat rata dengan media berpori kelereng sebesar 43,02 Watt dan batu sebesar 35,04 Watt.

3. Pengaruh Bilangan Reynold Terhadap Faktor Gesekan



Gambar 4.3 Pengaruh Bilangan Nusselt Terhadap Faktor Gesekan

Dari data hasil penelitian pengaruh Bilangan Reynold terhadap Faktor Gesekan seperti pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa bertambahnya bilangan Reynold mempengaruhi naiknya penurunan tekanan, sehingga terjadinya penurunan pada faktor gesekan yang disebabkan oleh bertambahnya kecepatan pada aliran udara. Faktor gesekan terendah terjadi pada plat rata dengan spesimen batu sebesar $1,56 \times 10^{-3}$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis data dan pembahasan pengujian karakteristik perpindahan panas yang dilakukan pada plat rata dengan media berpori dapat disimpulkan bahwa :

1. Bilangan Reynold sangat berpengaruh terhadap besar bilangan Nusselt, Semakin besar Bilangan Reynold maka akan semakin besar pula Bilangan Nusselt serta tingginya perpindahan panas Konveksi, dan diikuti dengan menurunnya Faktor Gesekan.
2. Perpindahan panas konveksi tertinggi terjadi pada plat ratatanpa media berpori sebesar 44,98 Watt.
3. Perpindahan panas konveksi yang terjadi pada plat rata dengan media berpori batu lebih rendah dari pada plat rata dengan media berpori kelereng, hal ini di sebabkan oleh perbedaan porositas dari masing masing media berpori.

5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh dari penelitian tentang pengujian karakteristik perpindahan panas konveksi pada plat rata dengan media berpori tedapat beberapa saran sebagai berikut :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Haryanto, A. (2015). Perpindahan Panas. Yogyakarta: Innosain
- Holman, J. P. (2010). Heat Transfer Tenth Edition (McGraw-Hill Series In Mechanical Engineering)
- Mahgoub, S. E. (2013). Forced convection heat transfer over a flat plate in a porous medium. *Ain Shams Engineering Journal*, 4(4), 605–613.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2013.01.002>
- Nandan, A., Sokhal, G. S., Kumar, S., & Singla, A. (2015). OPEN ACCESS A Review on Heat Transfer Improvement of Plate Heat Exchanger. 5(3), 21–26.
- Nurwidyanto, Muhammad I. (2006). Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batupasir. *Berkala Fisika*, 9(4), 191–195–195.
- Rokhadi, A. W. (2015). Pengujian Karakteristik Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Dari Sirip-Sirip Pin Ellips Susunan Segaris Dalam Saluran Segiempat. In *Mekanika* (Vol. 8).
- Sakr, R. Y., Berbish, N. S., & Messra, M. H. (2007). Experimental and Numerical Study of Forced Convection Heat Transfer From an Inclined Heated Plate Placed Beneath a Porous Medium. *NINTH INTERNATIONAL CONFERENCE*, 2(4).
- Sudarto, J. P., Semarang, S. H. T., & Tengah, J. (2010). PENGUJIAN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA HEAT SINK PLAT JENIS EXTRUDED DAN HEAT SINK PLAT DENGAN SLOT Bambang Yunianto Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 13–15.
- Sudia, B. (2017). Konveksi paksa aliran laminar isothermal di atas plat datar pada berbagai kondisi profil kecepatan. 9(1), 6–11.
- Tambe Shahanwaj K. (2015). Experimental Investigation of Performance of Plate Heat Exchanger for Water As Working Fluid. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(3), 372–380.
<https://doi.org/10.15623/ijret.2015.0403064>
- Tanno, K., Makino, H., Kurose, R., Komori, S., Shimada, H., & Hwang, S. M. (2010). Effect of turbulent-laminar flow transition on degradation of de-NOx

- catalyst. *Fuel*, 89(4), 855–858. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.03.028>
- Umurani, K., Rudi Nasution, A ., & D. I. (2021). Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90 Derajat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 4(1), 37–46.
- Umurani, K., & Muharnif, M. (2019). Pengaruh Diameter Lubang 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/10.30596/rmme.v2i1.3072>
- Wang, D., Ba, D., Liu, K., Hao, M., Gao, Y., Wu, Z., & Mei, Q. (2017). A numerical research of herringbone passive mixer at low Reynold number regime. *Micromachines*, 8(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/mi8110325>
- Yunus, A, Chengel. (1995) Heat Transfer, second edition

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 <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

PENGUJIAN PADA PLAT DENGAN MEDIA BERPORI
BATU

INTERPOLASI PERCOBAAN 1

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
364,15	0,99647	1,010415	2,13471	22,2146	0,03105	0,69304
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 2

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
358,8	0,99705	1,00988	2,11214	21,6646	0,03067	0,69454
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 3

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
349,75	0,99803	1,008975	2,07395	20,7343	0,03001	0,69707
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 4

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
340,55	1,03191	1,0083763	2,03176	19,798	0,02931	0,69908
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

INTERPOLASI PERCOBAAN 5

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
332,85	1,05953	1,0078681	1,99652	19,0141	0,02873	0,70077
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

PENGUJIAN PADA PLAT DENGAN MEDIA BERPORI KELERENG
INTERPOLASI PERCOBAAN 1

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
373,45	0,99547	1,011345	2,17396	23,1707	0,03173	0,69043
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 2

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
368,85	0,99596	1,010885	2,15455	22,6978	0,03139	0,69172
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 3

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
357,3	0,99721	1,00973	2,10581	21,5104	0,03056	0,69496
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 4

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
347,175	1,00814	1,00881355	2,06207	20,4724	0,02982	0,69762
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

INTERPOLASI PERCOBAAN 5

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
341,7	1,02778	1,0084522	2,03702	19,9151	0,0294	0,69883
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

PENGUJIAN PADA PLAT TANPA MEDIA BERPORI
INTERPOLASI PERCOBAAN 1

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
373,4	0,99547	1,01134	2,17375	23,1655	0,03172	0,69045
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 2

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697
368,9	0,99596	1,01089	2,15476	22,7029	0,0314	0,69171
400	0,9926	1,014	2,286	25,9	0,03365	0,683

INTERPOLASI PERCOBAAN 3

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
357,45	0,97127	1,0094917	2,10909	21,5184	0,03059	0,69536
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

INTERPOLASI PERCOBAAN 4

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
347,075	1,00849	1,00880695	2,06162	20,4622	0,02981	0,69764
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

INTERPOLASI PERCOBAAN 5

T.K	ρ	Cp	μ	v	k	Pr
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,67	0,02624	0,708
341,6	1,02814	1,0084456	2,03656	19,9049	0,02939	0,69885
350	0,998	1,009	2,075	20,76	0,03003	0,697

Data Perhitungan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori Batu

No	Waktu (Menit)	Kecepatan aliran (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T in	T out (K)
1	15	1	45	0,3	77	0,25	303,3	304,9
2	15	2	45	0,3	109	0,4	303,6	307,2
3	15	3	45	0,3	129	0,48	303,2	307,1
4	15	4	45	0,3	159	0,59	303,2	306,6
5	15	5	45	0,3	222	0,86	303,4	307

Monometer (mm)	T base	emisifitas	H (m)	Wb (m)	L (m)	Luas Penampang	Luas Permukaan A (m ²)	Tf (K)
0,5	425	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	364,15
1	414	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	358,8
2	396,3	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	349,75
3	377,9	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	340,55
4	362,3	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	332,85

ρ (Kg / m)	Cp (J/Kg.K)	k (W/m.K)	μ (Kg/m.s) x 10 ⁻⁵	ν (m/s) x 10 ⁻⁶	Pr	Diameter hidrolilk
0,9964718	1,010415	0,03105446	2,134713	22,21462	0,693038	0,1
0,9970496	1,00988	0,03066712	2,112136	21,66464	0,694536	0,1
0,998027	1,008975	0,0300119	2,073945	20,7343	0,69707	0,1
1,0319066	1,0083763	0,02931369	2,0317568	19,79799	0,699079	0,1
1,0595342	1,0078681	0,02873003	1,9965216	19,01413	0,700773	0,1

Tahanan Pada Pemanas	Daya Pada Pemanas (W)	Bilangan Reynold	Nusselt	h rata - rata	Q Konduksi (W)
150	13,23	4667,942716	17,11319384	5,314409935	90,92354289
150	13,23	9441,149623	30,09023953	9,227809865	78,30035484
150	13,23	14436,6461	42,32641066	12,70296004	65,12833253
150	13,23	20315,55352	55,69308382	16,32569794	42,80907251
150	13,23	26534,50381	69,02518144	19,83095534	27,44171315

Q Radiasi (W)	Q Konveksi (W)	Penurunan tekanan (Pa)	Faktor gesekan
3,699123894	19,40291067	0,00488769	0,004905
3,196631608	30,56250627	0,00978105	0,002452
2,482307277	35,47936739	0,01958129	0,00218
1,828365036	36,58588909	0,03036911	0,0018393
1,340461636	35,04129808	0,04157612	0,0015696

Data Perhitungan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori Kelereng

No	Waktu (Menit)	Kecepatan aliran (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T _{in} (K)	T _{out} (K)
1	15	1	45	0,3	88	0,26	303,4	310,5
2	15	2	45	0,3	111	0,4	303,3	309,3
3	15	3	45	0,3	130	0,88	303	308,3
4	15	4	45	0,3	154	0,59	303,3	307,7
5	15	5	45	0,3	225	0,87	303,3	306,9

Monometer (mm)	T base	emisifitas	H (m)	W _b (m)	L (m)	Luas Penampang	A (m ²)	TF (K)
0,5	438,5	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	373,45
1	425,1	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	368,85
2	404,2	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	357,3
3	386,1	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	347,175
5	376,7	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	341,7

ρ (Kg/m)	C _p (l/Kg.K)	k (W/m.K)	μ (Kg/m.s) x 10 ⁻⁵	v (m/s) x 10 ⁻⁶	Pr	Diameter hidrolilik
0,9954674	1,011345	0,03172778	2,173959	23,17066	0,690434	0,1
0,9959642	1,010885	0,03139474	2,154547	22,69778	0,691722	0,1
0,9972116	1,00973	0,03055852	2,105806	21,51044	0,694956	0,1
1,0081361	1,0088136	0,02981587	2,0620728	20,472415	0,6976215	0,1
1,0277804	1,0084522	0,02940086	2,0370192	19,91506	0,698826	0,1

Tahanan Pada Pemanas	Daya Pada Pemanas (W)	Bilangan Reynold	Nusselt	h rata - rata	Q konduksi (W)
150	13,23	4579,053239	16,82663438	5,338717538	39,07297081
150	13,23	9245,230668	29,54164483	9,274522585	37,74714146
150	13,23	14206,60213	41,73524177	12,7536722	35,71940245
150	13,23	19555,78096	53,97540504	16,0932339	31,42995456
150	13,23	25227,55799	66,21793427	19,46864215	28,62231594

Q Radiasi (W)	Q Konveksi (W)	Penurunan tekanan (Pa)	Faktor gesekan
4,625515073	21,6117199	0,004884092	0,004905
4,155878235	33,81103627	0,009775335	0,0024525
3,103501817	38,64531607	0,019573132	0,00218
2,284444789	40,19293391	0,029930793	0,001839375
1,899999014	43,02525909	0,050711814	0,001962

Data Perhitungan PadatPlat Rata Tanpa Media Berpori

No	Waktu (Menit)	Kecepatan aliran (m/s)	Tegangan heater (V)	Arus heater (A)	Tegangan fan (V)	Arus fan (A)	T _{in} (°K)	T _{out} (K)
1	15	1	45	0,3	76	0,24	303,3	307,8
2	15	2	45	0,3	106	0,37	303,4	303,9
3	15	3	45	0,3	141	0,5	303,3	303,3
4	15	4	45	0,3	168	0,6	303,1	303,1
5	15	5	45	0,3	227	0,88	303,1	303,1

T base (°K)	emisifitas	H (m)	Wb (m)	L (m)	Luas Penampang (m ²)	Luas Permukaan A (m ²)	Tf (K)
443,5	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	373,4
434,4	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	368,9
411,6	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	357,45
391,05	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	347,075
380,1	0,09	0,075	0,15	0,2	0,01125	0,03	341,6

ρ (Kg / m)	Cp (J/Kg.K)	k (W/m.K)	μ (Kg/m.s) x 10 ⁻⁵	v (m/s) x 10 ⁻⁶	Pr	Diameter hidroltik
0,9954728	1,01134	0,03172416	2,173748	23,16552	0,690448	0,1
0,9959588	1,01089	0,03139836	2,154758	22,70292	0,691708	0,1
0,9712694	1,0094917	0,03059471	2,1090912	21,51841	0,695361	0,1
1,0084949	1,008807	0,02980829	2,0616152	20,462235	0,6976435	0,1
1,0281392	1,0084456	0,02939328	2,0365616	19,90488	0,698848	0,1

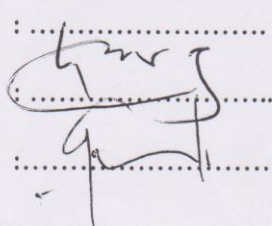


Tahanan Pada Pemanas	Daya Pada Pemanas (W)	Bilangan Reynold	Nusselt	h rata - rata
150	13,23	4579,522557	16,82815054	5,338589402
150	13,23	9244,275227	29,53896329	9,274750035
150	13,23	13815,46801	40,822956	12,489665
150	13,23	19567,08313	54,00104063	16,09678409
150	13,23	25242,0354	66,24916729	19,47280324

Q Radiasi (W)	Q Konveksi (W)
4,627224454	22,45410703
4,154168854	36,44976764
3,09838381	40,57892159
2,287858482	42,47136483
1,903412707	44,98217548

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

Peserta seminar

Nama : Riza Fauzi Pratama
 NPM : 1607230144
 Judul Tugas Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori
 (Porous).

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pemanding – I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T	:	
Pemanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230024	ANDRI MUSTAFA	
2	1507230040	INDRA SYAHYUTY Betubara	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 06 Sya'ban 1442 H
20 Maret 2021 M

Ketua Prodi. T. Mesin



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

NAMA : Riza Fauzi Pratama
NPM : 1607230144
Judul T.Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous).

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

KEPUTUSAN

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

.....*Perbaikan Seminar Casatua dan*.....

.....*Pengulangan Saat Seminar*.....

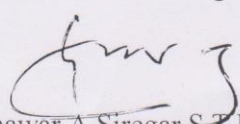
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 06 Sya'ban 1442H
20 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembimbing- I

Munawar A Siregar.S.T.M.T

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

NAMA : Riza Fauzi Pratama
NPM : 1607230144
Judul T.Akhir : Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori
(Porous).

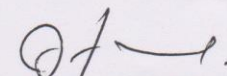
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

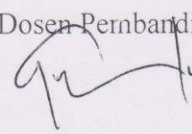
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain: *lihat buku rapis akhir*
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 06 Sya'ban 1442H
20 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

Chandra A Siregar.S.T.M.T



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12

Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor :1931/ II.3AU/UMSU-07/F/2020

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

Nama : RIZA FAUZI PRATAMA
Npm : 1607230144
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : IX (Sembilan)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA PLAT RATA DENGAN MEDIA BERPORI (POROUS)

Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI ST.MT.

Dengan Demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

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

Ditetapkan di medan pada tanggal

Medan 29 Rabiul Akhir 1442 H

14 Desember 2020 M



Dekan

Munawar alfansury siregar ST. MT

Nidn : 0101017202

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Perpindahan Panas Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous)

Nama : Riza Fauzi Pratama

NPM : 1607230144

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Rabu/20-11-2019	Perbincangan Spesifikasi Angka	U
2	Senin/23-12-2019	Perbincangan Prinsip Asas	U
3	Jumud/3-1-2020	Perbincangan Angkutan	U
4	Senin/20-1-2020	Perbincangan Angkutan Mistaka	U
5	Sabtu/21-3-2020	Perbincangan Metode	U
6	Jumud/19-2-2021	Perbincangan Analisis Data	U
7	Sabtu/27-2-2021	Perbincangan Data Mistaka	U
8	Senin/8-3-2021	Asas, Semina	U

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Riza Fauzi Pratama
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 20 Januari 1998
Alamat : Dusun IV Paret Rimo, Desa Jati sari,
kecamatan Padang Tualang
Agama : Islam
E-mail : rizaap7@gmail.com
No.Hp : 081262224260

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 050692 Tahun 2004-2010
2. SMP N 3 HINAI Tahun 2010-2013
3. SMA N 1 STABAT Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021