

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK PERSEGI EMPAT

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



DANEL REKA YESA

03051381722081

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK PERSEGI EMPAT

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



OLEH
DANEL REKA YESA
03051381722081

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK PERSEGI EMPAT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

DANEL REKA YESA
03051381722081

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Indralaya, Januari 2022
Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA
NIP. 195701181985031004

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : DANEL REKA YESA
NIM : 03051381722081
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : STUDI EKSPERIMENTAL
PERPINDAHAN PANAS SECARA
KONVEKSI PAKSA PADA PIPA
TEMBAGA BERBENTUK PERSEGI
EMPAT
DIBUAT TANGGAL : SEPTEMBER 2020
SELESAI TANGGAL : JANUARI 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Indralaya, Januari 2022
Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA
NIP. 195701181985031004

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “**STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK PERSEGI EMPAT**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 06 Januari 2022.

Indralaya
Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi
Ketua :

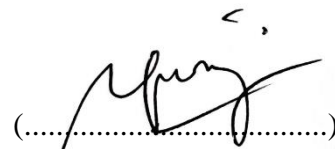
1. Ir. Hj. Marwani, M.T
NIP 196503221991022001

Sekretaris :

2. Ellyanie, S.T., M.T.
NIP. 196905011994122001

Anggota :

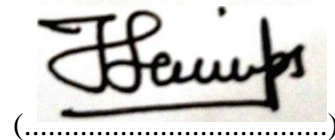
3. Dr. Dewi Puspitasari, S. T., M.T
NIP. 197001151994122001





(.....)



(.....)



(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Indralaya, januari 2022
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA
NIP. 19571181985031004

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Danel Reka Yesa

NIM : 03051381722081

Judul : Studi Eksperimental Perpindahan Panas secara Konveksi Paksa
pada Pipa Tembaga Berbentuk Persegi Empat

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun

Indralaya, Januari 2022



Danel Reka Yesa
NIM. 03051381722081

HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Danel Reka Yesa

NIM : 03051381722081

Judul : Studi Eksperimental Perpindahan Panas secara Konveksi Paksa padaPipa Tembaga Berbentuk Persegi Empat

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Eksperimental Perpindahan Panas secara Konveksi Paksa pada Pipa Tembaga Berbentuk Persegi Empat”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada banyak pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dalam segala hal dan kesempatan untuk dapat menyelesaikan skripsi.
2. Orang Tua tercinta yang selalu mendoakan serta memberikan perhatian, dukungan, dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana.
3. Kakak tersayang Putra Yesa dan Ratie Purnama Sari yang selalu memberikan semangat dan perhatian.
4. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta jajaran.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi Sahim, DEA selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu memberikan arahan, motivasi, masukan yang bersifat membangun, meluangkan waktu, serta selalu sabar kepada penulis agar semangat dalam menyelesaikan skripsi.
6. Bapak Gunawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan selama penulis melaksanakan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, dan Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.

8. Teman-teman satu perjuangan Sriwijaya Eco Unsri, HMM FT Unsri, dan BBR-IMCKK yang telah memberikan warna selama masa perkuliahan dan selalu memberikan dukungan untuk tetap semangat menebar kebermanfaatan.
9. Teman-teman, kakak-kakak, adik-adik, dan Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Mesin FT Unsri yang banyak membantu selama masa perkuliahan dan memberikan masukan yang membangun untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Staf Jurusan Teknik Mesin FT Unsri yang telah membantu dalam kelengkapan berkas-berkas selama perkuliahan hingga skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan dan kelengkapan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Palembang, Desember 2021



Danel Reka Yesa
NIM.03051381722081

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK PERSEGI EMPAT

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 12 Januari 2022

Danel Reka Yesa ; Dimbimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi Sahim, DEA
XVII + 62 Halaman, 6 Tabel, 35 Gambar, 6 Lampiran

RINGKASAN

Perkembangan teknologi dalam perpindahan panas menjadi factor utama dalam peningkatan penggunaan alat-alat industri saat ini. Konfigurasi yang tepat digunakan untuk di terapkan secara luas di industri yaitu penukar panas. Pola aliran dan perpindahan panas akan di tentukan oleh sejumlah factor termasuk bentuk pipa. Namun didasari kemajuan terbaru dalam bidang industri telah menghasilkan permintaan yang besar dalam proses perkembangan teknik perpindahan panas yang efektif dalam pengakomodasian panas yang tinggi, salah satunya yaitu perpindahan panas konveksi paksa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju perpindahan panas, koefisien konveksi, dan Nusselt Number terhadap perubahan debit aliran untuk tiap jenis diameter dalam pipa pada heat flux konstan dan aliran dalam entry length region. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental terhadap pipa tembaga horizontal sepanjang 1 m dengan tiga variasi pipa yaitu pipa aspek rasio 1 dengan tinggi pipa 10mm dan lebar pipa 10 mm, aspek rasio 0,8 dengan tinggi 8,8mm dan lebar 11mm, kemudian aspek rasio 0,6 dengan tinggi 7,3mm dan lebar 12,3mm, yang dialirkan air biasa dengan variasi debit aliran 20 sampai 160 l/h. Permukaan pipa dipanaskan listrik dengan tegangan AC 110 V. Hasil

penelitian menunjukkan perubahan debit aliran dan aspek rasio pipa memberikan pengaruh terhadap peningkatan laju perpindahan panas, koefisien konveksi, dan Nusselt number. Semakin meningkatnya Reynolds number maka beda temperatur air akan semakin menurun. Aspek rasio pipa 0,8 memiliki nilai Reynolds number yang tinggi pada debit 160 l/h yaitu 6781,07. Besarnya nilai temperatur permukaan luar pipa rata-rata di pengaruhi oleh besar aspek rasio pipa, karena dari bentuk dan ukuran pipa yang besar memberikan nilai temperatur permukaan luar pipa rata-rata yang meningkat. Yang mana aspek rasio pipa 1 memiliki nilai temperatur permukaan luar pipa rata-rata yang tinggi yaitu 57,13 (°C). Dari aspek rasio pipa dapatkan hasil koefisien konveksi dan Nusslet number yang tinggi pada aspek rasio pipa 0,8 dengan nilai koefisien konveksi 2264,105 (W/m².K) dan Nusslet number 34,808. Sedangkan koefisien konveksi dan Nusslet number yang terendah pada aspek rasio pipa 1 dengan nilai koefisien konveksi 437,903 (W/m².K) dan Nusslet number 6,982. Laju perpindahan panas akan semakin meningkat seiring bertambahnya debit aliran, baik pada aspek rasio pipa 1, 0,8 dan 0,6. Peningkatan laju perpindahan panas ini disebabkan oleh perubahan kecepatan aliran karena semakin besar kecepatan aliran maka laju perpindahan panas juga semakin besar. Aspek rasio pipa 0,8 memiliki nilai laju perpindahan panas lebih besar di banding aspek rasio 1 dan 0,6. Nilai maksimum laju perpindahan panas pada pipa aspek rasio 0,8 yaitu 369,14 (J/s).

Kata Kunci: Debit Aliran, Aspek Rasio Pipa, Heat Flux Konstan, Entry Length Region, Koefisien Konveksi, Nusselt Number

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY OF FORCED CONVECTION HEAT TRANSFER ON A COPPER PIPE WITH A RECTANGULAR SHAPE

Scientific Writing in the form of Thesis, 12 January 2022

Danel Reka Yesa; Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi Sahim, DEA
XIX + 62 Pages, 6 Tables, 35 Figures, 6 Appendices

SUMMARY

Technological developments in heat transfer are a major factor in increasing the use of industrial equipment today. Precise configuration used for wide application in industry heat exchanger. The flow pattern and heat transfer will be determined by a number of factors including the shape of the pipe. However, based on recent advances in industry, there has been a great demand in the process of developing effective heat transfer techniques to accommodate high heat, one of which is forced convection heat transfer. This study aims to analyze the heat transfer rate, convection coefficient, and Nusselt Number to changes in flow rate for each type of pipe diameter at constant heat flux and flow in the entry length region. The research was conducted by experimental method on a 1 m long horizontal copper pipe with three pipe variations, namely aspect ratio pipe 1 with pipe height of 10mm and pipe width of 10 mm, aspect ratio of 0,8 with height of 8.8mm and width of 11mm, then aspect ratio of 0,6 with a height of 7,3mm and a width of 12,3mm, which is flowed by ordinary water with a flow rate variation of 20 to 160 l/h. The surface of the pipe is electrically heated with AC voltage of 110 V. The results show that changes in flow rate and aspect ratio of the pipe have an effect on increasing the heat transfer rate, convection coefficient, and Nusselt number. As the Reynolds number increases, the water temperature difference will decrease. The pipe

aspect ratio of 0,8 has a high Reynolds number value at a discharge of 160 l/h which is 6781,07. The value of the average outer surface temperature of the pipe is influenced by the large aspect ratio of the pipe, because the shape and size of the large pipe gives an increase in the average outer surface temperature of the pipe. In which the aspect ratio of pipe 1 has a high average outer surface temperature value of 57,13 (°C). From the aspect ratio of the pipe, the results of the convection coefficient and high Nusslet number on the pipe aspect ratio are 0,8 with a convection coefficient of 2264,105 (W/m².K) and a Nusslet number of 34,808. Meanwhile, the lowest convection coefficient and Nusslet number are in the aspect ratio of pipe 1 with a convection coefficient of 437,903 (W/m².K) and a Nusslet number of 6,982. The heat transfer rate will increase as the flow rate increases, both at pipe aspect ratios of 1, 0,8 and 0,6. The increase in the heat transfer rate is caused by changes in the flow velocity because the greater the flow velocity, the greater the heat transfer rate. The pipe aspect ratio of 0.8 has a higher heat transfer rate than the aspect ratio of 1 and 0.6. The maximum value of the heat transfer rate in the pipe aspect ratio is 0.8, which is 369.14 (J/s).

Keywords: Flow Discharge, Pipe Aspect Ratio, Constant Heat Flux, Entry Length Region, Convection Coefficient, Nusselt Number.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi.....	5
2.2 Perpindahan Kalor Konduksi	5
2.3 Perpindahan Kalor Radiasi.....	6
2.4 Perpindahan Kalor Konveksi	7
2.5 Dasar-Dasar Konveksi	7
2.5.1 Mekanisme fisik konveksi.....	7
2.5.2 Bilangan Nusselt	9
2.5.3 Bilangan Prandtl.....	11
2.5.4 Aliran Laminer dan Turbulen.....	12
2.5.5 Bilangan Reynolds	12
2.6 Konveksi Paksa Internal.....	13
2.6.1 Kecepatan dan Temperatur Rata-rata.....	14
2.6.2 Aliran Fluida Viskos di Dalam Pipa	16
2.6.3 Analisis Termal Umum.....	17
2.6.4 Heat Flux Permukaan Konstan.....	18
2.6.5 Aliran Laminer Di Dalam Pipa	20

2.6.6	Aliran Turbulen Di Dalam Pipa	22
2.6.7	<i>Nusselt Number</i> Lokal Dan Rata-rata.....	24
2.7	Konveksi Paksa Internal Pada Pipa segi empat sama sisi	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		27
3.1	Metodologi penelitian	27
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.3	Deskripsi Alat dan Bahan.....	28
3.3.1	Selang Karet	28
3.3.2	Pompa.....	28
3.3.3	<i>Flowrate Rotameter</i>	29
3.3.4	<i>Nichrome Coil Electric Heater</i>	30
3.3.5	Transformator.....	30
3.3.6	Isolasi	31
3.3.7	Termokopel	31
3.3.8	Multimeter.....	32
3.3.9	<i>Cooling Tower</i>	32
3.3.10	<i>Copper Pipe</i>	33
3.4	Geometri Pipa.....	34
3.4.1	Aspek Rasio Pipa	34
3.5	Sekema Perangkat Uji	35
3.6	Prosedur Pengukuran.....	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Data Hasil Pengujian	39
4.3	Analisis Perhitungan Data Uji.....	42
4.3.1	Diameter Hidrolik	42
4.3.2	Luas Penampang Pipa	42
4.3.3	Debit Aliran.....	42
4.3.4	Temperatur Air Rata-Rata.....	42
4.3.5	Beda Temperatur Air.....	43
4.3.6	Massa Jenis Air	43
4.3.7	Kalor Spesifik Air	44
4.3.8	Viskositas Kinematik	44
4.3.9	Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata.....	45

4.3.10	Kecepatan Aliran.....	45
4.3.11	<i>Reynolds Number</i>	45
4.3.12	Konduktivitas Termal.....	46
4.3.13	Laju Perpindahan Panas	46
4.3.14	Temperatur Permukaan Dalam Pipa Rata-Rata	46
4.3.15	Koefisien Konveksi	47
4.3.16	<i>Nusselt Number</i>	48
4.4	Pembahasan.....	51
4.4.1	<i>Reynolds Number</i> terhadap Beda Temperatur air	51
4.4.2	<i>Reynolds number</i> terhadap Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata.....	53
4.4.3	Grafik Koefisien Konveksi Pipa terhadap <i>Reynolds Number</i> Error! Bookmark not defined.	
4.4.4	<i>Reynolds Number</i> terhadap <i>Nusselt Number</i>	57
4.4.5	Laju Perpindahan panas terhadap Debit.....	59
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR RUJUKAN.....		i
LAMPIRAN		i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perpindahan panas melalui lapisan fluida dengan ketebalan L dan perbedaan temperatur T	10
Gambar 2. 2 Menunjukkan aliran laminar.....	12
Gambar 2. 3 Menunjukkan aliran turbulen	12
Gambar 2. 4 Perbedaan tekanan terhadap pipa melingkar dan non-lingkar.....	14
Gambar 2. 5 Profil Temperatur Aktual dan Ideal untuk Aliran di dalam Pipa .	15
Gambar 2. 6 Perhitungan Diameter Hidrolik pada Pipa Circular dan Noncircular	17
Gambar 2. 7 Perpindahan Panas pada Fluida yang Mengalir dalam Pipa sama dengan Peningkatan Energi Fluida.....	18
Gambar 2. 8 Variasi Permukaan Pipa dan Temperatur Fluida Rata-Rata Sepanjang Pipa pada Kondisi Permukaan Konstan Heat Flux.....	19
Gambar 2. 9 Kecepatan Rata-Rata adalah Setengah dari Kecepatan Maksimum pada Pipa Aliran Laminar Berkembang Penuh	21
Gambar 2. 10 Diagram Benda Bebas pada Aliran Laminar Berkembang Penuh dalam Pipa Horizontal	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Selang Karet	28
Gambar 3. 3 Pompa	29
Gambar 3. 4 Flowrate Rotameter	29
Gambar 3. 5 Nichrome Coil Electric Heater	30
Gambar 3. 6 Transformator	30
Gambar 3. 7 Isolasi.....	31
Gambar 3. 8 Termokopel.....	31
Gambar 3. 9 Multimeter	32
Gambar 3. 10 Cooling Tower.....	33
Gambar 3. 11 Copper Pipe	33
Gambar 3. 12 Geometri Pipa.....	34

Gambar 3. 13 Aspek rasio 1	34
Gambar 3. 14 Aspek rasio 0,6	35
Gambar 3. 15 Aspek rasio 0,8	35
Gambar 3. 16 Skema Perangkat Uji	35
Gambar 4. 1 Grafik Reynolds Number terhadap Beda Temperatur air.....	51
Gambar 4. 2 Grafik Debit terhadap Beda Temperatur Air	52
Gambar 4. 3 Grafik Reynolds Number terhadap Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata	53
Gambar 4. 4 Grafik Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata terhadap Debit	54
Gambar 4. 5 Grafik Reynolds Number terhadap Koefisien Konveksi	55
Gambar 4. 6 Debit terhadap Grafik Koefisien Konveksi	56
Gambar 4. 7 Grafik Reynolds number terhadap Nusselt number.....	57
Gambar 4. 8 Grafik Debit terhadap Nusselt number	58
Gambar 4. 9 Grafik Laju Perpindahan Panas terhadap Debit.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nusselt number dan Faktor Gesekan untuk Aliran Laminar Berkembang Penuh dalam Berbagai Penampang Pipa	22
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian pada Pipa Aspek Rasio 1	39
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian pada Pipa Aspek Rasio 0,8	40
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian pada Pipa Aspek Rasio 0,6	41
Tabel 4. 4 Data Hasil Perhitungan pada Pipa Aspek Rasio 1	48
Tabel 4. 5 Data Hasil Perhitungan pada Pipa Aspek Rasio 0,8	49
Tabel 4. 6 Data Hasil Perhitungan pada Pipa Aspek Rasio 0,6	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel <i>Properties of Saturated Water</i>	i
Lampiran 2 Tabel <i>Properties of Solid Metals</i>	ii
Lampiran 3 Proses Pengambilan Data.....	iii
Lampiran 4 Data Hasil Perhitungan Keseluruhan pada Aspek Rasio Pipa 1	v
Lampiran 5 Data Hasil Perhitungan Keseluruhan pada Aspek Rasio Pipa 0,8. vi	
Lampiran 6 Data Hasil Perhitungan Keseluruhan pada Aspek Rasio Pipa 0,6.vii	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam perpindahan panas menjadi factor utama dalam peningkatan penggunaan alat-alat industry saat ini, konfigurasi yang tepat digunakan untuk di terapkan secara luas di industri yaitu penukar panas. Pola aliran dan perpindahan panas akan di tentukan oleh sejumlah factor termasuk bentuk pipa. Konveksi merupakan proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan fluida (cairan atau gas). Berdasarkan alirannya perpindahan panas konveksi dibagi menjadi dua yaitu konveksi bebas dan konveksi paksa, konveksi bebas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu dan aliran sedangkan konveksi paksa berdasar dari factor luar misalnya pompa. Namun didasari kemajuan terbaru dalam bidang industri telah menghasilkan permintaan yang besar dalam peroses perkembangan teknik perpindahan panas yang efektif dalam pengakomodasian panas yang tinggi, salah satunya yaitu perpindahan panas konveksi paksa.

Perpindahan panas konveksi paksa ini menggunakan saluran internal dan fluida yang digunakan merupakan air. Dalam pemanasan aliran menggunakan pipa tembaga segi empat (*Square*). Maka untuk menunjang pengetahuan dalam pembelajaran, dilalukan eksperimen ini menggunakan saluran berbentuk segi empat, saluran tersebut terbuat dari matrial tembaga (Cu) yang memiliki panjang 100 cm dan sepanjang pipa dililitkan koil listrik berbahan nichrome ukuran 26 AWG dengan jarak *pitch* 10 mm. Laju dan koefisien perpindahan panas konveksi didasarkan pada sifat fluida seperti densitas, viskositas, konduktivitas termal, kalor spesifik, dan geometri permukaan, serta kondisi

aliran. Dan besar kecilnya perpindahan panas tersebut paramaternya adalah bilangan tak berdimensi *Nusselt number* yang menunjukkan perbandingan atau rasio gradien temperatur konveksi dengan gradien temperatur pada permukaan. Semakin besar nilai *Nusselt number*, maka semakin efektif konveksi yang terjadi. Oleh sebab itu pengujian ini yang bertujuan untuk mekasimalkan proses perpindahan panas konveksi paksa internal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana temperatur pada saluran masuk dan keluar pipa, serta temperature dinding/permukaan pipa?
2. Bagaimana panas yang terserap oleh air pada perpindahan panas yang terjadi didalam pipa?
3. Bagaimana nilai koefisien konveksi paksa pada perpindahan panas yang terjadi?
4. Bagaimana nilai *Nusselt number* pada perpindahan panas yang terjadi?

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah akan dilakukan proses laju perpindahan panas konveksi, koefisien perpindahan panas, kecepatan dan suhu rata-rata, Aliran viskos di dalam pipa, Analisa termal umum, *heat flux* konstan, Aliran laminar dalam pipa dan aliran turbulen dalam pipa.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fluida kerja yang digunakan adalah air.

2. Pipa berbahan material tembaga (Cu) dengan penampang berbentuk persegi empat.
3. Perpindahan panas terjadi dalam kondisi *heat flux* konstan.
4. Pengambilan data pengujian dilakukan pada kondisi aliran *steady* dengan memvariasikan debit aliran yang akan melalui pipa.

1.4 Tujuan Penelitian

Sehubungan dengan permasalahan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis performansi perpindahan panas pada aspek rasio pipa yang berbeda dengan mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas konveksi, *Reynolds number* dan *Nusselt number* terhadap variasi debit aliran.
2. Mendapatkan grafik perbandingan aspek rasio pipa dari nilai-nilai yang menunjukkan performansi perpindahan panas pada pipa yaitu koefisien konveksi dan *Nusselt number* terhadap *Reynolds number*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui performansi perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga berbentuk persegi empat.
2. Menjadi bahan pertimbangan dan kepustakaan bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1].Baragh, S., Shokouhmand, H., Soheil, S. and Ajarostaghi, M. (2018) 'International Journal of Thermal Sciences An experimental investigation on forced convection heat transfer of single- phase flow in a channel with different arrangements of porous media', International Journal of Thermal Sciences. Elsevier, 134(September 2017), pp. 370–379. doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2018.04.030.
- [2].Cengel, Y. A. (2004) 'Heat Transfer: A Practical Approach', MacGraw-Hill, 4(9), p. 874. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20279-7_5.
- [3].HOLMAN, J. P. (1986) 'HEAT TRANSFER', in heat transfer. sixth edit.
- [4].Liu, J., Gao, J. and Gao, T. (2012) 'Forced convection heat transfer of steam in a square ribbed channel †', 26(4). doi: 10.1007/s12206-012-0201-5.
- [5].Saleh, A. A. M., Rasheed, S. A. and Smasem, R. B. (2018) 'CONVECTION HEAT TRANSFER IN A CHANNEL OF DIFFERENT CROSS SECTION FILLED WITH POROUS', 9(2), pp. 57–73.
- [6].Zen, Q., Faris, A., Safitra, A. G., Nugroho, S., Energi, S. P., Elektronika, P., Surabaya, N. and Surabaya, K. (2018) 'Studi Eksperimen Perpindahan Panas Konveksi Paksa Internal Pada', (September), pp. 417–427.