

# **SKRIPSI**

## **STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK SEGITIGA**

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



**MOHD RADEN BAHI**

**03051281722033**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

# **SKRIPSI**

## **STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK SEGITIGA**

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



**Oleh**  
**MOHD RADEN BAHI**  
**03051281722033**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

# HALAMAN PENGESAHAN

## STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEksi PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK SEGITIGA

### SKRIPSI

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

Oleh:

**MOHD RADEN BAHI**

**03051281722033**

Indralaya, 30 Desember 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi



Leh

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

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No.** :  
**Diterima Tanggal** :  
**Paraf** :

---

## **SKRIPSI**

**NAMA** : MOHD RADEN BAHI

**NIM** : 03051281722033

**JURUSAN : TEKNIK MESIN**

**JUDUL** : STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS  
SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA  
BERBENTUK SEGITIGA

**DIBUAT** : JANUARI 2021

**SELESAI** : DESEMBER 2021



Indralaya, 30 Desember 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi



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

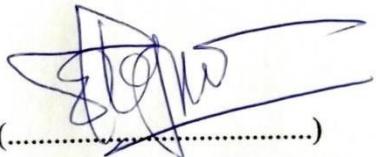
## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK SEGITIGA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Desember 2021.

Palembang, Desember 2021

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

(.....) 



Indralaya, 30 Desember 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi



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

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul "**STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK SEGITIGA**", disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan Skripsi ini kepada:

1. Bapak Nur Alamsyah dan Ibu Sumarlin selaku orang tua penulis yang selalu memberi semangat dan memotivasi.
2. Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA selaku dosen pengarah Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Amir Arifin, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Yonas Paskah Pardede, Chrisandy Fahrezi, Danel Reka Yesa selaku teman satu tim dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rizal Adi Pratama, M.Yoga Pratama H, Deko Fatriansyah, Rahmad Ramadhan, Dwiki Hardiyanto, Aldika, Al-furqan Aldi, Alif Abiyu Arif Febrinaldi M Iksan Rivaldi, dan Dian Apriyan yang mana merupakan teman-teman satu kost yang selalu memberi semangat dan selalu bersama-sama disaat kondisi tubuh sedang tidak baik

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini kedepannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang dikemudian hari.

Indralaya, 30 Desember 2021



Mohd Raden Bahi

03051281722033

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohd Raden Bahi  
NIM : 03051281722033  
Judul : Studi Eksperimental Perpindahan Panas Secara Konveksi Paksa  
Pada Pipa Tembaga Berbentuk Segitiga.

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, 13 Januari 2022



Mohd Raden Bahi

03051281722033

## **HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohd Raden Bahi

NIM 03051281722033

Judul : Studi Eksperimental Perpindahan Panas Secara Konveksi Paksa  
Pada Pipa Tembaga Berbentuk Segitiga.

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.



# **RINGKASAN**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI  
PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK SEGITIGA**

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Desember 2021

Mohd Raden Bahi; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA  
xxviii + 52 Halaman, 7 Tabel, 28 Gambar

## **RINGKASAN**

Konveksi merupakan proses perpindahan energi dengan kerja gabungan antara konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur. Konveksi ini juga sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan fluida (cairan gas). Konveksi yang disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa disebut sebagai konveksi paksa dan konveksi ini dikatakan sebagai konveksi internal dimana fluida mengalir di dalam permukaan suatu kanal atau saluran yang di dalam hal ini adalah pipa yang berbentuk segitiga., Dimana pada penelitian sebelumnya menurut (Sahim, n.d) Transfer panas antara udara dan silinder elips, dimana dalam hal ini melakukan penelitian perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga elips dengan bantuan fluida dan udara, Maka disini penulis akan membahas tentang perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga berbentuk segitiga dan menggunakan fluida berupa air, Yang mana biasanya pipa saluran non-lingkaran seperti segitiga ini digunakan untuk mentransferkan energi panas dengan cepat ke media yang di panaskan. Dengan adanya perubahan pada geometri penampang pada saluran, maka akan mempengaruhi proses pada laju perpindahan panas secara konveksi, Laju dan Koefisien perpindahan panas konveksi ini didasarkan pada sifat fluida seperti densitas, viskositas, konduktivitas termal, kalor spesifik, dan geometri permukaan, serta kondisi aliran. dan besar kecilnya perpindahan panas tersebut dimana parameternya

adalah bilangan tak berdimensi *Nusselt Number* yang menunjukkan perbandingan atau rasio gradien temperatur konveksi dengan gradien temperatur pada permukaan. Dimana semakin besar nilai *Nusselt Number*, maka akan semakin efektif konveksi yang terjadi pada pipa.

Pada pipa dengan saluran berbentuk segitiga ini merupakan bentuk pipa yang paling mudah di bentuk dari bentuk yang umum yaitu *circular*. Berdasarkan uraian diatas , maka penulis tertarik ingin mempelajari lebih lanjut mengenai analisis performansi karena belum banyak dipelajari pada hal perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga segitiga, dimana kondisi alirannya berupa *entry length*, dan pipanya berdiameter kecil, sehingga penulis ingin mencari nilai-nilai apa saja yang mempengaruhi performansi perpindahan panas pada pipa segitiga.Pada penelitian ini proses pengukuran dan pengujianya di lakukan dengan pada pipa tembaga segitiga yang mana panjang sisi tiap pipa berbeda-beda , mulai dari panjang sisi 9,5 mm, 12,7 mm, dan 15,88 mm menggunakan bantuan pemanas berupa trafo yang mana arus yang dialirkan sebesar 110 V, dengan ini pada proses pengujian juga mengalirkan air yang di tampung di wadah penampung dengan bantuan pompa untuk mengatur debit aliran ke pipa yang di panaskan dengan variasi debit aliran dari 20 l/h sampai 160 l/h, kemudian setelah air dialirkan dan masuk ke dalam pipa dan menunggu suhu air menjadi konstan di dalam pipa,barulah bisa memulai pengukuran dengan mengukur temperatur awal masuk pipa dan keluar pipa dan mengukur 5 titik temperature permukaan luar pipa yang sudah di lilitkan dengan kawat listrik yang dialirkan listrik 110 V.Setelah dari itu lakukan pengujian berulang dengan variasi yang berbeda pada pipa-pipa yang lainnya, sehingga setelah pengujian didapatkan hasil temperature rata-rata permukaan luar dan dala pipa, temperatur air didalam pipa, *Reynolds Number* , *Nusselt Number* dan koefisien konveksi yang di dapatkan pada pengujian pipa segitiga.

**Kata Kunci :** Pipa Tembaga Berbentuk Segitiga, Konveksi Paksa,

# **SUMMARY**

## **EXPERIMENTAL STUDY OF FORCED CONVECTION HEAT TRANSFER ON TRIANGULAR COPPER PIPES**

Scientific writing in the form of a thesis, December 2021

Mohd Raden Bahi ; Supervised of Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA  
xxviii + 52 pages, 7 tables, 28 images

### **SUMMARY**

Convection is the process of energy transfer by the combined working of heat conduction, energy storage, and mixing motion. Convection is also very important as a mechanism of energy transfer between the surface of solid objects and fluids (gaseous fluids). Convection caused by an external device such as a pump is referred to as forced convection and this convection is said to be an internal convection where the fluid flows inside the surface of a canal or channel in which case it is a triangular-shaped pipe, where in previous research according to (Sahim, n.d) Heat transfer between air and elliptical cylinder, where in this case conducted a research on heat transfer by forced convection on an elliptical copper pipe with the help of fluid and air, So here the author will discuss the transfer of heat by forced convection in a triangular copper pipe and use a fluid in the form of water, which is usually a non-circular pipe like this triangle is used to transfer heat energy quickly to the heated media. With changes in the cross-sectional geometry of the channel, it will affect the process on the rate of heat transfer by convection, the rate and coefficient of convection heat transfer is based on fluid properties such as density, viscosity, thermal conductivity, specific heat, and surface geometry, as well as flow conditions. and the size of the heat transfer where the parameter is the dimensionless number *Nusselt Number* which shows the ratio or ratio of the convection temperature gradient to

the temperature gradient on the surface. Where the greater the value of the Nusselt Number, it will be effective convection that occurs in the pipe.

In pipes with triangular-shaped channels is the easiest form of pipe in the form of a common form that is circular. Based on the description above, the author is interested in wanting to learn more about performance analysis because there has not been much studied in terms of forced convection heat transfer in triangular copper pipes, where the flow conditions are in the form of entry length and the pipe is small in diameter, so the author wants to find what values affect heat transfer performance in the triangle pipe. In this study the measurement and testing process was carried out with a triangular copper pipe where the length of the sides of each pipe varies, ranging from side lengths of 9.5 mm, 12.7 mm, and 15.88 mm using the help of a heater in the form of a transformer where the current flowed by 110 V, with this in the testing process also drain the water that is accommodated in the container with the help of a pump to regulate the flow discharge to the heating pipe with variations in flow discharge from 20 l / h to 160 l / h, then after the water is drained and entered the pipe and wait for the water temperature to be constant in the pipe, Then you can start the measurement by measuring the initial temperature in the pipe and exiting the pipe and measuring 5 points of the outer surface temperature of the pipe that has been wrapped with electric wire that is flowed electricity 110 V. After that do repeated testing with different variations in other pipes, so that after testing obtained the average temperature of the outer surface and in the pipe, Water temperature in the pipe, Reynolds Number, Nusselt Number and convection coefficient obtained in triangular pipe testing.

**Keyword:** Triangular-Shaped Copper Pipe, Forced Convection

**Literatures:** 32 (2004-2021)

# DAFTAR ISI

|   |              |
|---|--------------|
| <b>DAFTAR ISI.....</b>  | <b>xix</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>  | <b>xxiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>  | <b>xxv</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>  | <b>xxvii</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>     |
| 1.1    Latar Belakang .....   | 1            |
| 1.2    Rumusan Masalah .....  | 2            |
| 1.3    Batasan Masalah.....   | 3            |
| 1.4    Tujuan Penelitian.....   | 3            |
| 1.5    Manfaat Penelitian.....  | 3            |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>   | <b>5</b>     |
| 2.1    Jenis-Jenis Perpindahan Panas .....  | 5            |
| 2.1.1    Perpindahan Panas Secara Konduksi .....                                  | 5            |
| 2.1.2    Perpindahan Panas Secara Radiasi .....                                   | 6            |
| 2.1.3    Perpindahan Panas Secara Konveksi.....                                   | 6            |
| 2.2    Bilangan Fluida Pada Perpindahan Panas .....                               | 8            |
| 2.2.1 <i>Nusselt Number (Nu)</i> .....  | 8            |
| 2.2.2 <i>Prandtl Number (Pr)</i> .....  | 10           |
| 2.2.3 <i>Reynolds Number (Re)</i> .....   | 10           |
| 2.3    Konveksi Paksa Pada Saluran .....  | 11           |
| 2.3.1    Kecepatan dan Temperatur.....  | 11           |
| 2.3.2    Aliran Di Dalam Pipa.....  | 13           |
| 2.3.3    Analisis Termal Umum .....   | 14           |
| 2.3.4    Perpindahan Panas Dengan Heat Flux Konstan .....                         | 15           |
| 2.3.5    Aliran Laminar Didalam Pipa .....  | 17           |
| 2.3.6    Aliran Turbulen Didalam Pipa .....                                       | 18           |
| 2.3.7    Nu Lokal dan Rata-Rata.....  | 20           |
| 2.4    Konveksi Paksa Internal Pada Pipa Tembaga Segitiga ( <i>Triangel</i> ).... | 20           |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>  | <b>23</b>    |
| 3.1    Metode Penelitian.....   | 23           |

|        |  |           |
|--------|--|-----------|
| 3.2    | Diagram Alir Penelitian.....                       | 23        |
| 3.3    | Skema Alat Uji .....                               | 24        |
| 3.4    | Prosedur Pengujian.....                            | 25        |
| 3.5    | Deskripsi Alat.....                                | 27        |
| 3.5.1  | Koil Listrik .....                                 | 27        |
| 3.5.2  | <i>Cooling Tower</i> .....                         | 27        |
| 3.5.3  | <i>Reservoir</i> .....                             | 28        |
| 3.5.4  | Pompa .....  | 28        |
| 3.5.5  | Selang .....                                       | 29        |
| 3.5.6  | <i>Flowrate Rotameter</i> .....                    | 29        |
| 3.5.7  | Isolasi Panas .....                                | 30        |
| 3.5.8  | Pipa Tembaga Segitiga .....                        | 30        |
| 3.5.9  | <i>Transformator</i> (Trafo) .....                 | 31        |
| 3.6    | Geometri Pipa.....                                 | 32        |
| 3.6.1  | Panjang Sisi Segitiga Sama Sisi .....              | 32        |
|        | <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>            | <b>35</b> |
| 4.1    | Hasil Data Pengujian .....                         | 35        |
| 4.2    | Analisis Perhitungan Data Uji .....                | 37        |
| 4.2.1  | Perhitungan Diameter Hidrolik.....                 | 37        |
| 4.2.2  | Luas Penampang .....                               | 38        |
| 4.2.3  | Debit Aliran .....                                 | 38        |
| 4.2.4  | Temperatur Air Rata-Rata Masuk Dan Keluar .....    | 38        |
| 4.2.5  | Beda Temperatur Air Keluar Dan Masuk.....          | 38        |
| 4.2.6  | Massa Jenis Air.....                               | 39        |
| 4.2.7  | Kalor Spesifik Air.....                            | 39        |
| 4.2.8  | Viskositas Kinematik.....                          | 40        |
| 4.2.9  | Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata .....     | 40        |
| 4.2.10 | Kecepatan Aliran .....                             | 41        |
| 4.2.11 | <i>Reynolds Number</i> (Re).....                   | 41        |
| 4.2.12 | Konduktivitas Termal .....                         | 41        |
| 4.2.13 | Laju Perpindahan Panas Yang Diterima Oleh Air..... | 42        |
| 4.2.14 | Temperatur Permukaan Dalam Pipa Rata-Rata .....    | 42        |
| 4.2.15 | Koefisien Konveksi .....                           | 43        |
| 4.2.16 | <i>Nusselt Number</i> (Nu) .....                   | 43        |
| 4.3    | Grafik Hasil Pengolahan Data .....                 | 45        |

|                                   |  |           |
|-----------------------------------|--|-----------|
| 4.3.1                             | Beda Temperatur Air Rata-Rata Terhadap <i>Reynolds Number</i> .....            | 45        |
| 4.3.2                             | Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata Terhadap <i>Reynolds Number</i> ..... | 46        |
| 4.3.3                             | Koefisien Konveksi Terhadap <i>Reynolds Number</i> .....                       | 47        |
| 4.3.4                             | <i>Nusselt Number</i> Terhadap Reynolds Number .....                           | 48        |
| 4.3.5                             | <i>Nusselt Number</i> Terhadap Debit Airan .....                               | 49        |
| 4.3.6                             | Debit Aliran Terhadap Laju Perpindahan Panas .....                             | 50        |
| 4.4                               | Pembahasan .....   | 50        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> | <b>.....</b>   | <b>53</b> |
| 5.1                               | Kesimpulan.....  | 53        |
| 5.2                               | Saran.....   | 53        |
| <b>DAFTAR RUJUKAN</b>             | <b>.....</b>   | <b>i</b>  |
| <b>LAMPIRAN</b>                   | <b>.....</b>   | <b>i</b>  |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1  | Perpindahan panas dari permukaan yang panas ke cairan sekitarnya secara konveksi dan konduksi .....                        | 7  |
| Gambar 2.2  | Fluida yang mengalir di atas permukaan <i>stasioner</i> .....  | 8  |
| Gambar 2.3  | Laju perpindahan panas melalui lapisan fluida dengan ketebalan L dan perbedaan temperatur $\Delta T$ .....                 | 9  |
| Gambar 2.4  | Kecepatan rata-rata adalah setengah dari kecepatan maksimum pada pipa aliran laminar berkembang penuh .....                | 12 |
| Gambar 2.5  | Temperatur aktual dan ideal untuk aliran di dalam pipa.....  | 13 |
| Gambar 2.6  | Perhitungan diameter hidrolik pada pipa <i>circular</i> dan <i>non-circular</i> .....                                      | 14 |
| Gambar 2.7  | Perpindahan panas pada fluida yang mengalir dalam pipa sama dengan peningkatan energi fluida.....                          | 15 |
| Gambar 2.8  | Variasi permukaan pipa dan temperatur fluida rata-rata sepanjang pipa pada kondisi permukaan <i>heat flux</i> konstan..... | 16 |
| Gambar 2.9  | DBB (diagram benda bebas) pada Aliran Laminar Berkembang Penuh dalam Pipa Horizontal .....                                 | 17 |
| Gambar 3.1  | Diagram alir penelitian.....   | 24 |
| Gambar 3.2  | Diagram alir penelitian.....   | 24 |
| Gambar 3.3  | Koil listrik .....   | 27 |
| Gambar 3.4  | <i>Cooling Tower</i> .....   | 28 |
| Gambar 3.5  | <i>Reservoir</i> .....   | 28 |
| Gambar 3.6  | Pompa.....   | 29 |
| Gambar 3.7  | Selang.....  | 29 |
| Gambar 3.8  | <i>Flowrate Rotameter</i> .....  | 30 |
| Gambar 3.9  | Isolasi Panas .....  | 30 |
| Gambar 3.10 | Pipa berbentuk segitiga sama sisi .....  | 31 |
| Gambar 3.11 | <i>Transformator</i> .....   | 31 |
| Gambar 3.12 | Pipa Tembaga Berbentuk Segitiga .....  | 32 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 3.13 Panjang sisi pipa.....   | 33 |
| Gambar 4.1 Beda temperatur air rata-rata terhadap <i>Reynolds Number</i> .....               | 45 |
| Gambar 4.2 Temperatur permukaan luar pipa rata-rata terhadap <i>Reynolds Number</i><br>..... | 46 |
| Gambar 4.3 Koefisien konveksi terhadap <i>Reynolds Number</i> .....                          | 47 |
| Gambar 4.4 <i>Nusselt Number</i> terhadap <i>Reynolds Number</i> .....                       | 48 |
| Gambar 4.5 <i>Nusselt Number</i> terhadap debit aliran .....                                 | 49 |
| Gambar 4.6 Laju perpindahan panas terhadap Debit aliran .....                                | 50 |

## **DAFTAR TABEL**

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1. <i>Nusselt Number</i> dan Faktor Gesekan untuk Aliran Laminar    |    |
| Berkembang Penuh dalam Berbagai Penampang Pipa .....                        | 18 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian pada Pipa Segitiga Panjang Sisi 9,5 mm ..... | 35 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian pada Pipa Segitiga Panjang Sisi 12,7 mm .... | 36 |
| Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian pada Pipa Segitiga Panjang Sisi 15,88 mm ..  | 37 |
| Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Pada Panjang Sisi 9,5 mm .....             | 44 |
| Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan Pada Panjang Sisi 12,7 mm.....             | 44 |
| Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan Pada Panjang Sisi 15,88 mm .....           | 45 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 1. 1 Proses pengambilan data uji .....                | i   |
| Lampiran 1. 2 Tabel <i>Properties of Saturated Water</i> ..... | ii  |
| Lampiran 1. 3 Tabel <i>Properties of Solid Metals</i> .....    | iii |
| Lampiran 1. 4 Data Pengukuran Pipa Panjang Sisi 9,5 mm.....    | v   |
| Lampiran 1. 5 Data Pengukuran Pipa Panjang Sisi 12,7 mm.....   | vii |
| Lampiran 1. 6 Data Pengukuran Pipa Panjang Sisi 15,88 mm.....  | ix  |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konveksi merupakan proses perpindahan energi dengan kerja gabungan antara konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur. Konveksi ini juga sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan fluida (cairan gas). Konveksi yang disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa disebut sebagai konveksi paksa dan konveksi ini dikatakan sebagai konveksi internal dimana fluida mengalir di dalam permukaan suatu kanal atau saluran yang di dalam hal ini adalah pipa yang berbentuk segitiga.

Dimana pada penelitian sebelumnya menurut (Sahim, n.d) Transfer panas antara udara dan silinder elips, dimana dalam hal ini melakukan penelitian perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga elips dengan bantuan fluida dan udara, Maka disini penulis akan membahas tentang perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga berbentuk segitiga dan menggunakan fluida berupa air.

Yang mana biasanya pipa saluran non-lingkaran seperti segitiga ini digunakan untuk mentransferkan energi panas dengan cepat ke media yang di panaskan (Luo, Leung and Chan, 2004).

Dengan adanya perubahan pada geometri penampang pada saluran, maka akan mempengaruhi proses pada laju perpindahan panas secara konveksi (Liu, Gao and Gao, 2012).

Laju dan Koefisien perpindahan panas konveksi ini didasarkan pada sifat fluida seperti densitas, viskositas, konduktivitas termal, kalor spesifik, dan geometri permukaan, serta kondisi aliran. Dan besar kecilnya perpindahan panas tersebut dimana parameternya adalah bilangan tak berdimensi *Nusselt Number*

yang menunjukkan perbandingan atau rasio gradien temperatur konveksi dengan gradien temperatur pada permukaan. Dimana semakin besar nilai *Nusselt Number*, maka akan semakin efektif konveksi yang terjadi pada pipa.

Pada pipa dengan saluran berbentuk segitiga ini merupakan bentuk pipa yang paling mudah dibentuk dari bentuk yang umum yaitu *circular*. Dimana pada pipa berbahan tembaga (Cu) ini merupakan pipa yang umum digunakan dalam industri karena tembaga merupakan salah satu konduktor pengantar panas yang baik dan tembaga ini juga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif, sehingga tahan terhadap korosi. Berdasarkan uraian diatas , maka penulis tertarik ingin mempelajari lebih lanjut mengenai analisis performansi karena belum banyak dipelajari pada hal perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa tembaga segitiga, dimana kondisi alirannya berupa *entry length* dan pipanya berdiameter kesil, sehingga penulis ingin mencari nilai-nilai apa saja yang mempengaruhi performansi perpindahan panas pada pipa segitiga.

## 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 pada pipa, serta temperatur dinding atau permukaan pipa ?
2. Bagaimana Performansi pada perpindahan panas yang terjadi didalam pipa ?
3. Bagaimana nilai *Nusslet Number* lokal rata-rata perpindahan panas yang terjadi ?
4. Bagaimana nilai koefisien konveksi pada perpindahan panas yang terjadi ?

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fluida kerja yang digunakan berupa air.
2. Pipa berbahan material tembaga (Cu) dengan penampang berbentuk segitiga masing-masing panjangnya 1 meter, panjang sisi 9,5 mm, 12,7 mm, dan 15,88 mm pada posisi pipa horizontal.
3. Perpindahan panas yang terjadi dalam kondisi *heat flux* konstan.
4. Pengambilan data uji dilakukan pada kondisi stedi dengan memvariasikan debit aliran yang melalui pipa.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Sehubungan dengan ini tujuan utama penulis adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai temperature pada saluran masuk dan saluran keluar pipa, serta mendapatkan temperature dinding atau permukaan pipa.
2. Menganalisa performansi perpindahan panas pada pipa dengan mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas, *Reynold Number*, *Nusslet Number* terhadap variasi debit aliran.
3. Mendapatkan grafik perbandingan nilai-nilai performansi perpindahan panas pada pipa (Re:h, Re:Nu).

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui performansi perpindahan panas pada pipa tembaga berbentuk segitiga.
2. Menjadi salah satu bahan pertimbangan untuk penelitian dan kepustakaan selanjutnya.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Baragh, Shahram, Hossein Shokouhmand, Seyed Soheil Mousavi Ajarostaghi, and Mohammad Nikian. 2018. “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* 134(April): 370–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.04.030>.
- Cengel, Yunus A. , Ghajar, Afshin J. 2016. 283 *Chemical Engineering Journal Heat and Mass Transfer Fundamental and Application*.
- Liu, Jiazeng, Jianmin Gao, and Tieyu Gao. 2012. “Forced Convection Heat Transfer of Steam in a Square Ribbed Channel.” *Journal of Mechanical Science and Technology* 26(4): 1291–98.
- Luo, D. D., C. W. Leung, and T. L. Chan. 2004. “Forced Convection and Flow Friction Characteristics of Air-Cooled Horizontal Equilateral Triangular Ducts with Ribbed Internal Surfaces.” *International Journal of Heat and Mass Transfer* 47(25): 5439–50.
- Sahim, Kaprawi. “Perpindahan Panas Konveksi Paksa Pada Selinder Ellip Dalam Udara : Pengaruh Aspect Ratio.”
- Zen, Qurniawan et al. 2018. “Studi Eksperimen Perpindahan Panas Konveksi Paksa Internal Pada.” (September): 417–27.