

SKRIPSI

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

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



YONAS PASKAH PARDEDE

03051181722017

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

SKRIPSI

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

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



Oleh

YONAS PASKAH PARDEDE

03051181722017

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

HALAMAN PENGESAHAN

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

SKRIPSI

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

Oleh:

YONAS PASKAH PARDEDE

03051181722017

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Indralaya, 30 Desember 2021

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



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

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : YONAS PASKAH PARDEDE
NIM : 03051181722017
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL : STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS
SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA
BERBENTUK ELLIPTICAL
DIBUAT : SEPTEMBER 2020
SELESAI : JANUARI 2022


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Indralaya, 30 Desember 2021

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul “**STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK *ELLIPTICAL***” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 November 2021.

Pembimbing :

1. Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA

NIP. 197705072001121001


(.....)

Penguji:

1. Ketua (Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T.)

NIP. 197207162006041002


(.....)

2. Sekretaris (Aneka Firdaus, S.T., M.T.)

NIP. 197502261999031001


(.....)

3. Anggota (Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T)

NIP .196005281989031002


(.....)


Ketua Program Studi Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112351997021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Studi Eksperimental Perpindahan Panas secara Konveksi Paksa pada Pipa Tembaga Berbentuk *Elliptical*”**. skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

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

1. Orang tua serta keluarga yang selalu memberikan semangat, perhatian, dan doa.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA selaku dosen pembimbing skripsi yang memberikan arahan, motivasi, masukan yang bersifat membangun, meluangkan waktu, serta selalu sabar kepada penulis agar semangat dalam menyelesaikan proposal skripsi.
5. Bapak Agung Mataram, 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.
6. Seluruh Dosen Teknik Mesin dan Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
7. Staf Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam kelengkapan berkas-berkas selama perkuliahan hingga proposal skripsi ini.

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 proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Palembang, Desember 2021



Yonas Paskah Pardede

NIM. 03051181722017

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yonas Paskah Pardede

NIM : 03051181722017

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

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



Yonas Paskah Pardede

NIM. 03051181722017

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yonas Paskah Pardede

NIM : 03051181722017

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

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplaan 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.

Indralaya, 13 Januari 2022



Yonas Paskah Pardede

03051181722017

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS SECARA KONVEKSI PAKSA PADA PIPA TEMBAGA BERBENTUK ELLIPTICAL

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Desember 2021

Yonas Paskah Pardede; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA
xxvii + 46 Halaman, 7 Tabel, 26 Gambar

RINGKASAN

.Perpindahan panas pada alat penukar kalor yang menggunakan pipa atau *tube* dengan penampang berbentuk *circular* (bulat) masih umum digunakan dalam industri. Pipa dengan bentuk *elliptical* merupakan bentuk yang sangat mirip dengan *circular*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performansi perpindahan panas terhadap perubahan diameter pipa *elliptical* sehingga dapat diketahui kondisi dimana perpindahan panas yang berlangsung menjadi efektif pada *heat flux* konstan dan aliran dalam *entry length region*. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental terhadap pipa tembaga horizontal sepanjang 1 m dengan variasi diameter hidrolis 0,4 ; 0,6 ; dan 0,8 yang dialirkan air biasa dengan debit aliran 20-160 l/h. Permukaan pipa dipanaskan listrik dengan tegangan AC 110 V. Hasil penelitian menunjukkan perubahan diameter memberikan pengaruh terhadap peningkatan performansi perpindahan panas yang dinyatakan oleh nilai koefisien konveksi dan *Nusselt number*. Koefisien konveksi dan *Nusselt number* juga mengalami peningkatan dengan bertambahnya *Reynolds number*. Peningkatan nilai ini rendah pada kondisi aliran laminar dan semakin signifikan memasuki kondisi aliran turbulen. Pada saat *Reynolds number* sekitar 1000 hingga 5000, koefisien konveksi dan *Nusselt number* maksimum yang diperoleh pipa diameter hidrolis 0,4 adalah 2556,420 W/m².K dan 30,234. Sedangkan koefisien konveksi dan *Nusselt number* maksimum yang diperoleh pipa diameter hidrolis 0,6 adalah 3611,174 W/m².K

dan 42,276. Lalu pipa diameter hidrolik 0,8 memiliki nilai maksimum 4332,398 W/m².K dan 51,38. Berdasarkan koefisien konveksi dan *Nusselt number*, pipa diameter hidrolik 0,8 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan pipa diameter 0,6 diikuti pipa diameter 0,4 sehingga semakin besar diameter pipa maka semakin efektif perpindahan panas yang terjadi.

Kata Kunci : Diameter Pipa, *Heat Flux* Konstan, *Entry Length Region*, KoefisienKonveksi, *Nusselt Number*

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY OF FORCED CONVECTION HEAT TRANSFER ON ELLIPTICAL COPPER PIPES

Scientific writing in the form of a thesis, December 2021

Yonas Paskah Pardede ; Supervised of Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA

xxvii + 46 pages, 7 tables, 26 images

SUMMARY

Heat transfer in heat exchangers that use pipes or tubes with circular channels is still commonly used in industry. Pipe with shape elliptical is so similar with circular. This research aims to analyse the performance of heat transfer with changes in the diameter of elliptical pipe, so it can be known the conditions which heat transfer becomes effective in constant heat flux and flow in the entry length region. The research was conducted by the experimental method of a 1 m long horizontal copper pipe with diameter hydraulic variations of 0,4 ; 0,6 ; and 10,8 that was flowed by pure water with a flow rate of 20-160 l/h. The surface of the pipe was heated with AC voltage of 110 V. The results showed that the change in diameter affected the increase in heat transfer performance, which stated by the value of the convection coefficient and Nusselt number. The convection coefficient and Nusselt number both increased as the Reynolds number increased. The enhancement in this value was low in laminar flow and became increasingly significant in turbulent flow regime. When Reynolds numbers were about 1000 to 5000, the maximum convection coefficient and Nusselt number obtained by the pipe hydraulic diameter of 0,4 were 2556,420 W/m².K and 30,234. While the maximum convection coefficient and Nusselt number obtained by the pipe hydraulic diameter of 0.6 were 3611,174 W/m².K and 42,276. Then the pipe hydraulic diameter of 0.8 had a maximum value of 4332,398 W/m².K and 51,38. Based on the convection coefficient and Nusselt

number, the pipe hydraulic diameter of 0.8 had a higher value than pipe hydraulic diameter of 0.6, followed by pipe hydraulic diameter of 0.4, so that the larger diameter of pipe, will be more effective the heat transfer that occurs.

Keywords: Diameter of Pipe, 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.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Jenis-Jenis Perpindahan Panas	5
2.1.1 Konduksi	5
2.1.2 Radiasi	5
2.1.3 Konveksi.....	6
2.2 Bilangan Fluida Pada Perpindahan Panas	8
2.2.1 <i>Nusselt Number</i>	8
2.2.2 <i>Prandtl Number</i>	10
2.2.3 <i>Reynolds Number</i>	10
2.3 Konveksi Paksa Internal Saluran.....	11
2.3.1 Kecepatan dan Temperatur Rata-Rata.....	11
2.3.2 Aliran di dalam Pipa <i>Circular</i> dan <i>Non-Circular</i>	13
2.3.3 Analisis Termal Umum	14
2.3.4 Perpindahan Panas dengan <i>Heat Flux</i> Konstan.....	15
2.3.5 Aliran Laminar Dalam Pipa	17
2.3.6 Aliran Turbulen di dalam Pipa	19
2.3.7 <i>Nusselt Number</i> Lokal dan Rata-Rata	20
2.4 Konveksi Paksa Pada Pipa Berentuk <i>Elliptical</i>	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Metode Penelitian.....	22

3.2	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.3	Skema Perangkat Uji	23
3.4	Deskripsi Alat	24
3.4.1	<i>Cooling Tower</i>	24
3.4.2	Pompa	25
3.4.3	<i>Flowrate Rotameter</i>	25
3.4.4	<i>Copper Pipe</i>	26
3.4.5	<i>Nichrome Coil Electric Heat</i>	26
3.4.6	Isolasi	27
3.4.7	<i>Termometer</i>	27
3.4.8	Multimeter	28
3.5	Geometri Pipa	28
3.6	Prosedur Pengukuran	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil Data Pengujian	31
4.2	Analisis Perhitungan Data Uji	33
4.2.1	Luas Penampang Pipa.....	33
4.2.2	keliling Penampang Pipa	33
4.2.3	Diameter Hidrolik elips	33
4.2.4	Debit Aliran	33
4.2.5	Temperatur Air Rata-Rata	33
4.2.6	Beda Temperatur Air	34
4.2.7	Massa Jenis Air.....	34
4.2.8	Kalor Spesifik Air.....	34
4.2.9	Viskositas Kinematik.....	35
4.2.10	Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata.....	35
4.2.11	Kecepatan Aliran	35
4.2.12	Reynolds Number	36
4.2.13	Konduktivitas Termal	36
4.2.14	Laju Perpindahan Panas.....	36
4.2.15	Temperatur Permukaan Dalam Pipa Rata-Rata.....	37
4.2.16	Koefisien Konveksi	37
4.2.17	<i>Nusselt Number</i>	38
4.3	Grafik Hasil Pengolahan Data	40
4.3.1	Grafik Beda Temperatur Air Rata-Rata terhadap <i>Reynolds Number</i>	40

4.3.2 Grafik Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata terhadap <i>Reynolds Number</i>	41
4.3.3 Grafik Koefisien Konveksi terhadap <i>Reynolds Number</i>	42
4.3.4 Grafik Nusselt Number terhadap Reynolds Number	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR RUJUKAN.....	i
LAMPIRAN.....	i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpindahan Panas dari Permukaan Panas ke Fluida Sekitarnya melalui Konveksi dan Konduksi.....	7
Gambar 2.2	Fluida yang Mengalir di atas Permukaan Stasioner Berhenti Total di Permukaan karena Kondisi Tanpa Slip.....	8
Gambar 2.3	Perpindahan Panas Melalui Lapisan Fluida dengan Ketebalan L dan Perbedaan Temperatur ΔT	9
Gambar 2.4	Kecepatan Rata-Rata adalah Setengah dari Kecepatan Maksimum pada Pipa Aliran Laminar Berkembang Penuh.....	12
Gambar 2.5	Profil Temperatur Aktual dan Ideal untuk Aliran di dalam Pipa..	13
Gambar 2.6	Perhitungan Diameter Hidrolik pada Pipa Circular dan Noncircular	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 Konstan Heat Flux .	16
Gambar 2.9	Diagram Benda Bebas pada Aliran Laminar Berkembang Penuh dalam Pipa Horizontal	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2	Skema Perangkat Uji	23
Gambar 3.3	Cooling Tower	24
Gambar 3.4	Pompa	25
Gambar 3.5	Flowrate Rotameter.....	25
Gambar 3.6	Copper Pipe.....	26
Gambar 3.7	Nichrome Coil Electric Heat.....	26
Gambar 3.8	Isolasi	27
Gambar 3.9	Termometer.....	27
Gambar 3.10	Multimeter	28

Gambar 4.1 Grafik Beda Temperatur Air Rata-Rata terhadap Reynolds Number	40
Gambar 4.2 Grafik Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata terhadap Reynolds Number.....	41
Gambar 4.3 Grafik Koefisien Konveksi terhadap Reynolds Number.....	42
Gambar 4.4 Grafik Nusselt Number terhadap Reynolds Number	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nusselt Number dan Faktor Gesekan untuk Aliran Laminar Berkembang Penuh dalam Berbagai Penampang Pipa	18
Tabel 3.1 Data Pengujian	30
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian pada Pipa Ratio 0.4(6/15)	31
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian pada Pipa Ratio 0.6.....	32
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian pada Pipa Ratio 0.8.....	32
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan pada Pipa ratio 0,4.....	38
Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan pada Pipa Ratio 0.6	39
Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan pada Pipa ratio 0.8.....	39

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	v
Lampiran 1. 5 Data Pengukuran Pipa Panjang Sisi 0,4.	vii
Lampiran 1. 6 Data Pengukuran Pipa Panjang Sisi 0,6.....	ix

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perpindahan panas dari satu zat ke zat yang lain sering kali terjadi dalam dunia industry. pada kebanyakan pengerjaan, diperlukan pemasukan atau pengeluaran kalor, untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang di butuhkan sewaktu proses berlangsung. kalor mengalir dengan sendirinya. kalor mengalir dengan sendirinya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Akan tetapi, gaya dorong untuk aliran ini adalah perbedaan suhu. Perpindahan panas tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi panas itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi – kondisi tertentu

Perpindahan panas dibagi menjadi tiga, yaitu

1. Perpindahan panas secara konduksi
2. Perpindahan panas secara konveksi
3. Perpindahan panas secara radiasi

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). Konveksi yang disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa disebut sebagai konveksi paksa dan konveksi dikatakan sebagai konveksi internal apabila fluida mengalir di dalam permukaan suatu kanal atau saluran yang dalam hal ini adalah pipa.

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.

Pipa dengan saluran berbentuk *elliptical* merupakan bentuk pipa yang paling mudah dibentuk dari bentuk yang umum yaitu *circular*. Pipa berbahan tembaga (Cu) merupakan pipa yang umum digunakan dalam industri karena tembaga termasuk konduktor atau media penghantar panas yang baik. Tembaga juga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik ingin mempelajari lebih lanjut mengenai Analisis performansi karena belum banyak dipelajari perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa *elliptical* dimana kondisi aliran berupa entry legth dan pipanya berdiameter kecil. dan penulis ingin mencari nilai-nilai apa saja yang mempengaruhi performansi perpindahan panas pada pipa tersebut

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 temperatur dinding/permukaan pipa?
2. Bagaimana Performansi pada perpindahan panas yang terjadi di dalam pipa?
3. Bagaimana nilai *nusselt number* lokal dan rata-rata pada 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 adalah air.
2. Pipa berbahan material tembaga (Cu) dengan penampang berbentuk *Elliptical*, panjangnya 1 meter, diameter aspek rasio 0.4,0.6,0.8, posisi pipa horinzontal
3. Perpindahan panas terjadi dalam kondisi *heat flux* konstan.
4. Pengambilan data uji dilakukan pada kondisi stedi dengan memvariasikan debit aliran melalui pipa

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Mendapatkan nilai temperatur pada saluran masuk dan keluar pipa, serta temperatur dinding/permukaan pipa.
2. Manganalisis performansi perpindahan panas pada pipa dengan mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas, Reynold number, Nusselt number terhadap variasi debit aliran
3. Mendapatkan grafik perbandingan nilai-nilai performansi perpindahan panas pada pipa ($Re:h$, $Re:Nu$)

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui performansi perpindahan panas pada pipa tembaga berbentuk *Elliptical*.
2. Menjadi bahan pertimbangan dan kepustakaan bagi penelitian selanjutnya

DAFTAR RUJUKAN

- Cengel, Y. A. (2004). Heat Transference a Practical Approach. *MacGraw-Hill*, 4(9), 874. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20279-7_5
- Holman, V. (1999). Introduction. *Visual Resources*, 15(3), ix–x. <https://doi.org/10.1080/01973762.1999.9658510>
- Hussein, A. M., Sharma, K. V, Bakar, R. A., & Kadirgama, K. (2013). The effect of cross sectional area of tube on friction factor and heat transfer nano fluid turbulent flow ☆. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2013.06.007>
- Liu, J., Gao, J., & Gao, T. (2012). *Forced convection heat transfer of steam in a square ribbed channel* †. 26(4). <https://doi.org/10.1007/s12206-012-0201-5>
- Shahane, A., Ghodake, L., Kashid, D. T., & Ghodake, D. S. (2019). Enhancement of Heat Transfer Coefficient through Forced Convection Apparatus by Using Circular and Elliptical Pipe. *International Journal of New Technology and Research*, 5(4). <https://doi.org/10.31871/ijntr.5.4.22>
- Zen, Q., Faris, A., Safitra, A. G., Nugroho, S., Energi, S. P., Elektronika, P., Surabaya, N., & Surabaya, K. (2018). *Studi Eksperimen Perpindahan Panas Konveksi Paksa Internal Pada. September*, 417–427.