

**SKRIPSI**

**PENGARUH PARTIKEL  $Al_2O_3$  KONSENTRASI 0,1%, 0,3%  
0,5% TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR  
PADA *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN PIPA  
*CIRCULAR* 4 INCH DAN 0,5 INCH**



**MUHAMMAD IQBAL MAITSA THUFAIL**

**03051381621083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PARTIKEL  $Al_2O_3$  KONSENTRASI 0,1%, 0,3%  
0,5% TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR  
PADA *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN PIPA  
*CIRCULAR 4 INCH* DAN *0,5 INCH***

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



**OLEH**

**MUHAMMAD IQBAL MAITSA THUFAIL**

**03051381621083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

### **PENGARUH PARTIKEL $Al_2O_3$ KONSENTRASI 0,1%, 0,3% 0,5% TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR PADA *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN PIPA *CIRCULAR 4 INCH* DAN *0,5 INCH***

#### **SKRIPSI**

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

Oleh:

**MUHAMMAD IQBAL MAITSA THUFAIL**

**03051381621083**

Palembang, 28 Maret 2020



**Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D**

**NIP. 197112251997021001**

Pembimbing Skripsi



**Astuti, S.T, M.T**

**NIP. 197210081998022001**

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

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

---

## **SKRIPSI**

**Nama : MUHAMMAD IQBAL MAITSA THUFAIL**  
**NIM : 03051381621083**  
**Jurusan : TEKNIK MESIN**  
**Judul Skripsi : PENGARUH PARTIKEL  $Al_2O_3$  KONSENTRASI 0,1%, 0,3% 0,5% TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR PADA *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN PIPA *CIRCULAR 4 INCH* DAN 0,5 INCH**  
**Dibuat Tanggal : AGUSTUS 2019**  
**Selesai Tanggal : MARET 2020**



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

Palembang, 28 Maret 2020  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi



**Astuti, S.T, M.T.**  
**NIP. 197210081998022001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

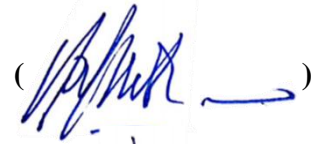
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “**Pengaruh Partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Konsentrasi 0,1%, 0,3% 0,5% Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Pada Double Pipe Heat Exchanger Dengan Pipa Circular 4 inch Dan 0,5 inch**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Maret 2020.

Palembang, 28 Maret 2020.

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

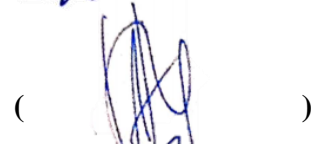
Ketua

**1. Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T.**  
NIP. 1960004071990031003

(  )

Anggota

**2. Ir. Firmansyah Burlian, M.T**  
NIP. 195612271988111001

(  )

**3. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.**  
NIP. 19712251997021001

(  )

**4. Gunawan, S.T, M.T. Ph.D.**  
NIP. 197705072001121001

(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing Skripsi



**Astuti, S.T, M.T.**  
NIP. 19721008199802

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Maitsa Thufail

NIM : 03051381621083

Judul : Pengaruh Partikel  $Al_2O_3$  Konsentrasi 0,1%, 0,3% 0,5% Terhadap Koefisisen Perpindahan Kalor Pada *Double Pipe Heat Exchanger* Dengan Pipa *Circular* 4 inch Dan 0,5 inch

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.

Palembang, 28 Maret 2020



Muhammad Iqbal MaitsaThufail

NIM.03051381621083

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Maitsa Thufail

NIM : 03051381621083

Judul : Pengaruh Partikel  $Al_2O_3$  Konsentrasi 0,1%, 0,3% 0,5% Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Pada *Double Pipe Heat Exchanger* Dengan Pipa *Circular* 4 inch Dan 0,5 inch

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.



Palembang, 28 Maret 2020



Muhammad Iqbal MaitsaThufail

NIM.03051381621083

## RINGKASAN

PENGARUH PARTIKEL  $Al_2O_3$  KONSENTRASI 0,1%, 0,3% 0,5% TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR PADA *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN PIPA *CIRCULAR* 4 INCH DAN 0,5 INCH

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 28 Maret 2020

Muhammad Iqbal Maitsa Thufail; Dibimbing oleh Astuti, S.T, M.T.

THE EFFECT OF  $Al_2O_3$  PARTICLE CONCENTRATION 0.1%, 0.3% 0.5% TOWARD CALCHYSIS OF CALOR MOVEMENT IN DOUBLE HEAT EXCHANGER PIPES WITH 4 INCH CIRCULAR PIPES AND 0.5 INCH

xxix + 88 Halaman, 56 tabel, 30 gambar, 1 lampiran

## RINGKASAN

Perpindahan kalor adalah ilmu untuk memprediksi perpindahan energi yang terjadi karena memiliki perbedaan temperatur antara suatu benda atau material. Perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan proses energi itu berpindah dari satu benda ke yang lainnya, tetapi dapat juga memprediksi laju perpindahan kalor yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Dunia industri menggunakan fenomena perpindahan kalor, untuk suatu proses perpindahan kalor menggunakan sebuah alat yang disebut alat *Heat Exchanger* (penukar kalor). Nanofluida didefinisikan sebagai cairan yang memiliki susunan partikel-partikel berukuran sangat kecil dalam orde nanometer ( $10^{-9}m$ ). Pada fluida pendingin penukar kalor saya menggunakan nanofluida  $Al_2O_3$ . Alasan menggunakan  $Al_2O_3$  sebagai nanopartikel karena  $Al_2O_3$  mempunyai konduktivitas termal yang tinggi, secara umum  $Al_2O_3$  adalah bahan yang aman bagi manusia dan binatang, nanopartikel  $Al_2O_3$  mudah ditemukan, dan metal oksida seperti nanopartikel  $Al_2O_3$  mempunyai kestabilan yang tinggi. Penelitian konduktivitas nanofluida dengan  $Al_2O_3$  sebagai nanopartikelnya dan air sebagai fluida dasar yang dilakukan oleh beberapa peneliti mendapatkan nilai konduktivitas nanofluida lebih tinggi dibandingkan dengan konduktivitas fluida dasarnya. *Heat Exchanger* merupakan alat penukar kalor yang digunakan untuk mengubah temperatur suatu jenis fluida. Proses tersebut dapat terjadi disebabkan oleh proses berpindahnya kalor dari fluida yang bertemperatur tinggi menuju fluida bertemperatur rendah. Pada umumnya, air digunakan sebagai



medium pemanas dan air biasa diberi es sebagai air pendingin (*cooling water*). Laju berpindahnya sebuah fluida pada alat penukar kalor dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kecepatan aliran fluida, sifat-sifat fisik (viskositas, konduktivitas termal, kapasitas kalor spesifik, dan lain-lain), perbedaan temperatur antara kedua fluida, dan sifat permukaan pada bidang perpindahan kalor yang memisahkan kedua fluida. Untuk mencapai tujuan penelitian ini, perhitungan yang akan dilakukan yaitu perhitungan massa nanofluida, mendata temperatur pada alat *heat exchanger*, menghitung selisih nilai perubahan temperatur, menghitung debit aliran, menghitung kecepatan aliran fluida, menghitung laju aliran massa, dan menghitung keseimbangan energi kalor. Dari hasil penelitian *heat exchanger double pipe* tipe *counter flow* menggunakan fluida pendingin nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan perbandingan konsentrasi 0,1%, 0,3%, dan 0,5%, dapat diambil kesimpulan bahwa Nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  belum mempengaruhi nilai dari debit aliran dan kecepatan aliran dikarenakan dalam proses pengolahan debit aliran dan kecepatan aliran belum dipengaruhi oleh karakteristik pada nanofluida, Nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mempengaruhi nilai densitas, kalor spesifik, konduktivitas termal, dan viskositas dinamik. Dikarenakan dengan penggunaan nanofluida tersebut, properties air akan berubah dengan adanya campuran nanofluida yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda, Nilai laju aliran massa, kesetimbangan energi kalor, bilangan reynold, bilangan prandtl, dan bilangan nusselt dengan campuran nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lebih efektif dibandingkan dengan fluida yang tanpa nanofluida. Pada laju aliran massa dengan nilai relatif lebih tinggi yakni pada laju aliran massa dengan nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Pada kesetimbangan energi dengan nilai relatif lebih tinggi yakni pada kesetimbangan energi dengan nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Pada bilangan reynold dengan nilai relatif lebih tinggi dengan nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Pada bilangan prandtl dengan nilai relatif lebih rendah yakni pada bilangan prandtl dengan nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Pada bilangan nusselt dengan nilai relatif lebih tinggi yakni pada bilangan nusselt dengan nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan Nilai koefisien konveksi dengan campuran nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lebih efektif dibandingkan dengan fluida yang tanpa nanofluida. Nilai tertinggi pada koefisien konveksi dengan nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  konsentrasi 0,5% pada suhu  $80^\circ\text{C}$ . Faktor konsentrasi nanopartikel pada nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mempengaruhi besarnya peningkatan nilai koefisien perpindahan panas konveksi nanofluida terhadap fluida dasarnya (air murni). Dalam penelitian ini diperoleh nilai koefisien konveksi total terbesar dari air panas dengan fluida pendingin nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  konsentrasi 0,1% sebesar  $300,75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Untuk koefisien konveksi total dari air panas dengan fluida pendingin nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  konsentrasi 0,3% sebesar  $584,44 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Untuk koefisien konveksi total dari air panas dengan fluida pendingin nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  konsentrasi 0,5% sebesar  $1.449,26 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Sehingga dilihat dari nilai koefisien konveksi diatas paling efektif yakni menggunakan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  konsentrasi 0,5%.

**Kata Kunci** : Penukar, kalor, nano, fluida, aliran, temperatur.

## SUMMARY

PENGARUH PARTIKEL  $AL_2O_3$  KONSENTRASI 0,1%, 0,3% 0,5% TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR PADA *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN PIPA *CIRCULAR* 4 INCH DAN 0,5 INCH.

Scientific Writing in the form of Thesis, 28 Maret 2020.

Muhammad Iqbal Maitsa Thufail; Suvervised by Astuti, S.T, M.T

THE EFFECT OF  $AL_2O_3$  PARTICLE CONCENTRATION 0.1%, 0.3% 0.5% TOWARD CALCHYSIS OF CALOR MOVEMENT IN DOUBLE HEAT EXCHANGER PIPES WITH 4 INCH CIRCULAR PIPES AND 0.5 INCH..

xxix + 88 Pages, 56 tables, 30 picture, 1 attachment

## SUMMARY

Heat transfer is the science of predicting energy transfer that occurs because it has a temperature difference between an object or material. Not only does heat transfer try to explain the energy process that moves from one object to another, it can also predict the rate of heat transfer that occurs under certain conditions. The industrial world uses the phenomenon of heat transfer, for a process of heat transfer using a device called a heat exchanger. Nanofluid is defined as a liquid that has a very small array of particles in the order of nanometers ( $10^{-9}m$ ). In the heat exchanger coolant fluid I use  $AL_2O_3$  nanofluids. The reason for using  $AL_2O_3$  as nanoparticles is because  $AL_2O_3$  has high thermal conductivity, in general  $AL_2O_3$  is a safe material for humans and animals,  $AL_2O_3$  nanoparticles are easy to find, and metal oxides such as  $AL_2O_3$  nanoparticles have high stability. Research on the conductivity of nanofluids with  $AL_2O_3$  as nanoparticles and water as a base fluid conducted by several researchers found that the conductivity value of nanofluids is higher than the conductivity of the base fluid. Heat Exchanger is a heat exchanger used to change the temperature of a type of fluid. The process can occur due to the process of heat transfer from high temperature fluid to low temperature fluid. In general, water is used as a heating medium and ordinary water is given ice as cooling water. The rate of movement of a fluid in a heat exchanger is influenced by many factors such as the speed of fluid flow, physical properties (viscosity, thermal conductivity, specific heat capacity, etc.), temperature difference between the two fluids, and surface properties in the heat transfer plane which separates the two fluids. To

achieve the purpose of this study, the calculation will be done namely the calculation of fluid mass, measuring the temperature of the heat exchanger, calculating the difference in temperature change values, calculating flowrate, calculating fluid flow velocity, calculating mass flow rate, and calculating heat energy balance. From the results of the double flow counter pipe heat exchanger type using  $Al_2O_3$  nanofluidic cooling fluid with a concentration ratio of 0.1%, 0.3%, and 0.5%, it can be concluded that the  $Al_2O_3$  nanofluid has not influenced the value of flowrate and flow velocity because in the processing of flowrate and flow velocity has not been influenced by the characteristics of the nanofluid,  $Al_2O_3$  nanofluid affects the value of density, specific heat, thermal conductivity, and dynamic viscosity. Due to the use of these nanofluids, water properties will change with the presence of nanofluid mixtures that have different characteristics, the value of the mass flow rate, heat energy equilibrium, reynold numbers, prandtl numbers, and nusselt numbers with  $Al_2O_3$  nanofluid mixtures are more effective than fluids that are without nanofluids. The mass flow rate with a relatively higher value is the mass flow rate with  $Al_2O_3$  nanofluid. The energy equilibrium with a relatively higher value is the energy equilibrium with  $Al_2O_3$  nanofluids. At reynold numbers with relatively higher values with  $Al_2O_3$  nanofluids. In the prandtl numbers with relatively lower values, namely in the prandtl numbers with  $Al_2O_3$  nanofluids. The nusselt number with a relatively higher value is in the nusselt number with  $Al_2O_3$  nanofluids and the value of the convection coefficient with a mixture of  $Al_2O_3$ 3 nanofluids is more effective compared to fluids without nanofluids. The highest value in the convection coefficient with  $Al_2O_3$ nanofluid concentration 0.5% at a temperature of 80 ° C. The concentration factor of nanoparticles in  $Al_2O_3$  nanofluids affects the magnitude of the increase in the value of the heat transfer coefficient of nanofluid convection to its basic fluid (pure water). In this study, the largest total convection coefficient of hot water with  $Al_2O_3$  nanofluidic cooling fluid concentration 0.1% was 300.75 W / m<sup>2</sup> K. For the total convection coefficient of hot water with  $Al_2O_3$  nanofluidic cooling fluid concentration was 0.3% , 44 W / m<sup>2</sup> K. For the total convection coefficient of hot water with  $Al_2O_3$  nanofluidic cooling fluid concentration 0.5% of 1,449.26 W / m<sup>2</sup> K. So as seen from the above convection coefficient value the most effective is using  $Al_2O_3$  concentration of 0.5%.

**Key Word :** Heat, exchanger, nano, fluid, flow, temperature.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “**Pengaruh Partikel  $Al_2O_3$  Konsentrasi 0,1%, 0,3% 0,5% Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Pada *Double Pipe Heat Exchanger* Dengan Pipa *Circular* 4 inch Dan 0,5 inch**”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan sepuh hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya yang telah memimpin Universitas Sriwijaya dengan sangat baik.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memimpin Fakultas Teknik dengan sangat baik.
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. Astuti,S.T,M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr.Ir.Diah Kusuma Pratiwi,M.T selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing saya selama menjalani perkuliahan di jurusan Teknik Mesin.

7. Ummi, Adik Rafa, Saudara Sepupu, dan Seluruh Keluarga Besar penulis yang selalu mendidik, mendoakan, dan menyemangati dalam segala hal serta selalu menjadi pendukung utama dalam hal materil dan moral.
8. Ario Geraldi, Arief Rahman Prayuda, Melinia Debbytasari, Marsella Dwi Putri, M Rizki Muhardana, anak suma yang banyak membantu dan menemani menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh Keluarga Besar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya angkatan 2016 dan Keluarga Suma yang membantu selama masa perkuliahan.

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 ke depannya akan sangat membantu.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 28 Maret 2020



Muhammad Iqbal Maitsa Thufail

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN PEGESAHAN.....	v
SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xix
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xiii
RINGKASAN .....	xv
SUMMARY .....	xvii
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR GRAFIK.....	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	
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	
2.1    Perpindahan Kalor .....	5
2.2    Heat Exchanger (HE).....	7
2.3    Tentang Nanofluida .....	11
2.4    Faktor yang Mempengaruhi Aliran Nanofluida.....	14
2.5    Bilangan <i>Reynolds</i> .....	17
2.6    Bilangan <i>Prandtl</i> .....	19
2.7    Bilangan <i>Nusselt</i> .....	19
2.8    Perhitungan Massa Nanofluida.....	20
2.9    Perhitungan Koefisien Konveksi .....	20
2.10   Perhitungan Koefisien Konveksi Keseluruhan .....	21

<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1	Diagram Alir Penelitian .....23
3.2	Perangkat Uji .....24
3.3	Rangkaian Pengujian .....24
3.4	Peralatan Alat Uji.....25
3.5	Instrumen Ukur .....27
3.6	Prosedur Pengambilan Data.....30
<b>BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Pengambilan dan Pengolahan Data.....33
4.2	Analisa Data.....52
<b>BAB 5 PENUTUP</b>	
5.1	Kesimpulan .....33
5.2	Saran .....52
<b>DAFTAR RUJUKAN .....89</b>	
<b>LAMPIRAN .....91</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan kalor konveksi [Holman].....	6
Gambar 2.2 Perpindahan kalor radiasi [Holman]. .....	7
Gambar 2.3 Aliran sejajar (parallel flow) .....	10
Gambar 2.4 Aliran berlawanan arah (counter flow) .....	10
Gambar 2.5 Nanopartikel Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	13
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	23
Gambar 3.2 Skema Perangkat Uji.....	24
Gambar 3.3 Rangkaian <i>Heat Exchanger</i> (Dokumentasi Pribadi, 2019) .....	24
Gambar 3.4 Tabung <i>Heat Exchanger</i> (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	25
Gambar 3.5 Pompa Sentrifugal (Dokumentasi Pribadi, 2019) .....	25
Gambar 3.6 Pipa PVC Penyalur (Dokumentasi Pribadi, 2019) .....	26
Gambar 3.7 Reservoir Fluida Panas & Fluida Pendingin (Dokumentasi Pribadi, 2019) .....	27
Gambar 3.8 <i>Stopwatch</i> (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	27
Gambar 3.9 Jangka Sorong (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	28
Gambar 3.10 Termometer (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	28
Gambar 3.11 Timbangan Digital (Dokumentasi Pribadi, 2019) .....	29
Gambar 3.12 Magnetic Stirrer Set (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	29
Gambar 3.13 Termokopel (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	30
Gambar 3.14 <i>Temperatur Display</i> (Dokumentasi Pribadi, 2019).....	30
Gambar 1 Tabel Saturasi Air.....	81
Gambar 2 Serifikat Partikel Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .....	82
Gambar 3 Serifikat Partikel Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .....	83
Gambar 4 Serifikat Partikel Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .....	84
Gambar 5 Serifikat Partikel Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	85
Gambar 6 Partikel Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .....	86
Gambar 7 Proses Stirrer aquadest dan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	86
Gambar 8 Proses pemanasan air. ....	87
Gambar 9 Proses penuangan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	87
Gambar 10 Proses pengambilan data. ....	88



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel temperature air panas dan fluida pendingin (air dingin 18°C) pada pipa penampang lingkaran Ø30 mm & Ø90 mm.....	35
Tabel 4.2 Tabel temperature air panas dan fluida pendingin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% pada pipa penampang lingkaran Ø30 mm & Ø90 mm.....	36
Tabel 4.3 Tabel temperature air panas dan fluida pendingin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% pada pipa penampang lingkaran Ø30 mm & Ø90 mm.....	36
Tabel 4.4 Tabel temperature air panas dan fluida pendingin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% pada pipa penampang lingkaran Ø30 mm & Ø90 mm.....	37
Tabel 4.5 Tabel ΔT <sub>1</sub> dan ΔT <sub>2</sub> fluida panas dan fluida pendingin (air dingin 18C) .....	38
Tabel 4.6 Tabel ΔT <sub>1</sub> dan ΔT <sub>2</sub> fluida panas dan fluida pendingin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	39
Tabel 4.7 Tabel ΔT <sub>1</sub> dan ΔT <sub>2</sub> fluida panas dan fluida pendingin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	39
Tabel 4.8 Tabel ΔT <sub>1</sub> dan ΔT <sub>2</sub> fluida panas dan fluida pendingin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	40
Tabel 4.9 Data Laju Aliran Massa Fluida Panas (air panas 90°C) .....	42
Tabel 4.10 Data Laju Aliran Massa Air Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	43
Tabel 4.11 Data Laju Aliran Massa Air Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	43
Tabel 4.12 Data Laju Aliran Massa Air Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	44
Tabel 4.13 Data Laju Aliran Massa Fluida Panas (air dingin 18°C) .....	45
Tabel 4.14 Data Laju Aliran Massa Air Dingin dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	46
Tabel 4.15 Data Laju Aliran Massa Air Dingin dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	46

Tabel 4.16 Data Laju Aliran Massa Air Dingin dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	47
Tabel 4.17 Nilai Energi Kalor Fluida Panas (air panas 90°C) .....	48
Tabel 4.18 Nilai Energi Kalor Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	49
Tabel 4.19 Nilai Energi Kalor Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	49
Tabel 4.20 Nilai Energi Kalor Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5 .....	50
Tabel 4.21 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Panas (air panas 90°C) .....	52
Tabel 4.22 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	52
Tabel 4.23 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	53
Tabel 4.24 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	53
Tabel 4.25 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Pendingin (air dingin 18°C) .....	56
Tabel 4.26 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Pendingin dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	56
Tabel 4.27 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Pendingin dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	57
Tabel 4.28 Nilai Bilangan Reynold pada Fluida Pendingin dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	57
Tabel 4.29 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Panas (air panas 90°C) .....	60
Tabel 4.30 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	60
Tabel 4.31 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	61
Tabel 4.32 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	61
Tabel 4.33 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Pendingin (air dingin 18°C) ...	65

Tabel 4.34 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	65
Tabel 4.35 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	66
Tabel 4.36 Nilai Bilangan Prandtl pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	66
Tabel 4.37 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Panas (air panas 90°C).....	68
Tabel 4.38 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Panas dengan Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	69
Tabel 4.39 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Panas dengan Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	69
Tabel 4.40 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Panas dengan Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	70
Tabel 4.41 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Pendingin (air dingin 18°C)...	72
Tabel 4.42 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	72
Tabel 4.43 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	73
Tabel 4.44 Nilai Bilangan Nusselt pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	73
Tabel 4.45 Nilai Koefisien Konveksi pada Air Panas (air panas 95°C) .....	75
Tabel 4.46 Nilai Koefisien Konveksi pada Air Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	76
Tabel 4.47 Nilai Koefisien Konveksi pada Air Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	76
Tabel 4.48 Nilai Koefisien Konveksi pada Air Panas dengan nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	77
Tabel 4.49 Nilai Koefisien Konveksi pada Fluida Pendingin (air dingin 18°C)	79
Tabel 4.50 Nilai Koefisien Konveksi pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1% .....	79
Tabel 4.51 Nilai Koefisien Konveksi pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3% .....	80

Tabel 4.52 Nilai Koefisien Konveksi pada Fluida Pendingin Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5% .....	80
Tabel 4.53 Nilai Koefisien Konveksi Keseluruhan air panas 90°C dan dingin 18°C .....	82
Tabel 4.54 Nilai Koefisien Konveksi Keseluruhan Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,1%.....	83
Tabel 4.55 Nilai Koefisien Konveksi Keseluruhan Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,3%.....	83
Tabel 4.56 Nilai Koefisien Konveksi Keseluruhan Nanofluida Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsentrasi 0,5%.....	84

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik bilangan Reynold air panas terhadap $Thi$ .....	52
Grafik 4.2 Grafik bilangan Reynold fluida pendingin terhadap $Tci$ .....	55
Grafik 4.3 Grafik bilangan Prandtl air panas terhadap $Thi$ .....	58
Grafik 4.4 Grafik bilangan Prandtl fluida pendingin terhadap $Tci$ .....	62
Grafik 4.5 Grafik bilangan Nusselt air panas terhadap $Thi$ .....	65
Grafik 4.6 Grafik bilangan Nusselt fluida pendingin terhadap $Tci$ .....	68
Grafik 4.7 Grafik hubungan $hi-Thi$ untuk air panas dengan fluida pendingin nanofluida $Al_2O_3$ .....	71
Grafik 4.8 Grafik hubungan $ho-Tci$ untuk fluida pendingin nanofluida $Al_2O_3$	74

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perpindahan kalor adalah ilmu untuk memprediksi perpindahan energi yang terjadi karena memiliki perbedaan temperatur antara suatu benda atau material. Perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan proses energi itu berpindah dari satu benda ke yang lainnya, tetapi dapat juga memprediksi laju perpindahan kalor yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu [Holman] Berkembangnya teknologi industri saat ini mengalami peningkatan pesat hal tersebut akan memberikan dampak yang signifikan dalam dunia industri. Dunia industri menggunakan fenomena perpindahan kalor, untuk suatu proses perpindahan kalor menggunakan sebuah alat yang disebut alat *Heat Exchanger* (penukar kalor).

Alat penukar kalor ini sangat penting dalam proses industri. Penukar kalor yang digunakan tidak dapat dikarakterisasi dengan satu rancangan saja, perlu bermacam-macam peralatan yang mendukung. Dikarenakan karakteristik alat ini untuk menukarkan kalor dari fase panas ke fase dingin, dengan dua fase yang dipisahkan oleh *solid boundary* [Foust].

Nanofluida didefinisikan sebagai cairan yang memiliki susunan partikel-partikel berukuran sangat kecil dalam orde nanometer ( $10^{-9}m$ ), beberapa peneliti dari Argonne National Lab (ANL) di University of Chicago, mengerjakan penelitian dalam mekanisme perpindahan panas dari suatu fluida, dan jelas terlihat bahwa dengan menggunakan nanopartikel yang didispersikan menambah nilai perpindahan panas, penggunaan nanopartikel yang didispersikan ini kemudian dipatenkan dengan nama nanofluids [Williams].

Pada fluida pendingin penukar kalor saya menggunakan nanofluida  $Al_2O_3$ . Alasan menggunakan  $Al_2O_3$  sebagai nanopartikel karena (a)  $Al_2O_3$  mempunyai konduktivitas termal yang tinggi; (b) secara umum  $Al_2O_3$  adalah bahan yang aman bagi manusia dan binatang; (c) nanopartikel  $Al_2O_3$  mudah ditemukan; dan (d) metal oksida seperti nanopartikel  $Al_2O_3$  mempunyai kestabilan yang tinggi [Heris].

Penelitian konduktivitas nanofluida dengan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebagai nanopartikelnya dan air sebagai fluida dasar yang dilakukan oleh beberapa peneliti mendapatkan nilai konduktivitas nanofluida lebih tinggi dibandingkan dengan konduktivitas fluida dasarnya, dari penelitian yang dilakukan tersebut variasi konsentrasi dari nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,5; 0,8; 1 % vol, dengan variasi ukuran partikel yang berbeda-beda. Kondisi yang optimum dari nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  masih belum bisa ditentukan dari hasil penelitian yang telah ada karena hasil konduktivitas yang beragam [Irawan dkk, Judenta dkk, Marali dkk, Sudarmadji, Wicaksono].

Pada penelitian rekayasa nanofluida berbasis  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebagai media pendingin pada sistem penukar kalor ini variasi konsentrasi yang digunakan berbeda dengan yang dilakukan oleh para peneliti yang telah ada, variasi konsentrasi yang digunakan adalah 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 0,8; 1 % vol dimana variasi konsentrasi 0,1; 0,3 dan 0,5 % belum pernah diteliti sebelumnya, selain memvariasikan konsentrasi dalam penelitian ini juga akan melakukan variasi waktu magnetic stirrer ( 1– 5 menit). Variasi konsentrasi dan waktu stirrer dari nanofluida dilakukan untuk mendapatkan kondisi dari nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, saya dapat merumuskan sebuah masalah yaitu menerapkan fenomena perpindahan kalor yang terjadi pada *heat exchanger double pipe* untuk menganalisa pengaruh nanopartikel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  terhadap nilai koefisien konveksi dengan variasi konsentrasi partikel 0,1; 0,3; dan 0,5%.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Pada *heat exchanger* menggunakan jenis pipa *double pipe circular*.
2. Pada *heat exchanger double pipe circular* sistem alirannya *counter flow*.
3. Untuk mencari nilai koefisien perpindahan kalor konveksi pada nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada fluida pendingin untuk konsentrasi fraksi volum (0,1; 0,3; dan 0,5%).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran nanofluida, dan debit aliran nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  untuk konsentrasi fraksi volum (0,1; 0,3; dan 0,5%).
2. Menganalisis pengaruh nanopartikel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  untuk densitas, kalor spesifik, konduktivitas termal, dan viskositas dinamik.
3. Untuk mendapatkan nilai koefisien konveksi dan menganalisis pengaruh nanofluida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan konsentrasi fraksi volum (0,1; 0,3; dan 0,5%).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari proses perpindahan kalor fluida pada alat *heat exchanger*.



## DAFTAR RUJUKAN

- Buongiorno, et. al, (2008), *Alumina Nanoparticles Enhance the Flow Boiling Critical Heat Flux of Water at Low Pressure*, *Jurnal of Heat Transfer*, Volume 130.
- Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael, *Thermodynamics An Engineering Approach, Fourth Edition*, McGraw-Hill, New York 2002.
- Foust, (1980), *Principles of Unit Operation*, 2ed John Willey and Sons, New York.
- Geankoplis, J. C, (1983), *Transport and Unit Operation*, 2nd edition, Allyn and Brown, Ind Massachusset.
- Heris,S.J., Esfahany, M.N.,and Etemad,S.Gh. (2006). *Experimental Investigation of Convective Heat Transfer of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Water Nanofluid in Circular Tube*. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 28: 203-210.
- Holman, J.P. (2010). *Heat Transfer nenth edition*. McGraw Hill. London.
- Irawan, D., Kristiawan, B., Budiana, E. Prasetyo. (2013). Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ethylene Glycol Pada *Circular Tube* Di Bawah Kondisi Fluks Kalor Konstan. *Mekanika*, Vol. 11, No. 2: 101-108. Universitas Sebelas Maret.
- Judenta, K. Marta., Ratnawulan., Syarif, D. Gustaman. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Metoda Sol Gel menggunakan Pengkelat Ekstrak Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) untuk Aplikasi *Nanofluida*. *Pillar of Physics*, Vol. 10. Oktober 2017, 39-46. Universitas Negeri Padang.
- Kern, Donald. Q.,(1965), *Process Heat Transfer*, New York : Mc Graw-Hi Book Company.
- Maisuria, M. B., Bhatt, M. K., and Nimkar, Anup. 2015. *Numerical Analysis of Tube Fin Heat Exchanger Using Nanofluids*. *Proceedings of 2nd The IRES International Conference*. Germany.
- Marali, A., Muhaymin., Wahyudi, S., Hamidi, N. (2018). Analisa Perpindahan Panas Dan Pressure Drop Fluida Nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Air Proses Pendinginan Dengan Metode Simulasi. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 9, No. 2: 103-108. Universitas Brawijaya.
- Purwawadi.M.Dhandang. (2003). *Perpindahan Panas Dasar*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka.

- Reynolds, William C dan Perkins, Henry C. (1983). *Engineering Thermodynamics*. McGraw Hill. New York.
- Stoecker, Wilbert F dan Jones, Jerold W.(1982). *Refrigeration and Air Conditioning*. New York.
- Sudarmadji, et al. (2014). *Effects of Cooling Process of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water Nanofluid on Convective Heat Transfer*. FME Transactions. 42: 155-161.
- Wardani Dianita dan Suminar Pratapa, (2014), Identifikasi Fasa Pada Sintesis AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Metode Logam-Terlarut Asam, Surabaya: Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 3 N. 2.
- Wicaksono, H. Adi. (2013). Pengaruh prosentase Nanopartikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dalam Media Pendingin Terhadap Unjuk Kerja Double Pipe Paralel Flow Heat Exchanger).Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Williams, C, W. (2006). *Experimental And Theoretical Investigation Of Transport Phenomena In Nanoparticle Colloids ( Nanofluids)*.
- Witharana, S .(2003). *Boiling of Refrigerants on Enhanced Surface and Boiling of Nanofluids*. Thesis. The Royal of Institute Technology. Sweden.