

SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI 0,3%, 0,5%, DAN 0,7%
PARTIKEL TiO₂ TERHADAP KOEFISIEN KONVEKSI PADA
*DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER***



**M. ILHAM KHOIR
03051381823064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI 0,3%, 0,5%, DAN 0,7%
PARTIKEL TiO₂ TERHADAP KOEFISIEN KONVEKSI PADA
*DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER***

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



**OLEH
M. ILHAM KHOIR
03051381823064**

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

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH KONSENTRASI 0,3%, 0,5%, DAN 0,7%
PARTIKEL TiO₂ TERHADAP KOEFISIEN KONVEKSI PADA
DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar sarjana
Teknik**

Oleh:

**M. ILHAM KHOIR
03051381823064**



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

Palembang, Desember 2022

Pembimbing Skripsi

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

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : M. ILHAM KHOIR
NIM : 03051381823064
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH KONSENTRASI 0,3%, 0,5%, DAN
0,7% PARTIKEL TiO₂ TERHADAP KOEFISIEN
KONVEKSI PADA DOUBLE PIPE HEAT
EXCHANGER
DIBUAT TANGGAL : 17 MEI 2022
SELESAI TANGGAL : 15 DESEMBER 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Palembang, Desember 2022
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Konsentrasi 0,3 %, 0,5 %, Dan 0,7 % Partikel TiO₂ Terhadap Koefisien Konveksi Pada *Double Pipe Heat Exchanger*.” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Desember 2022.


Palembang, 15 Desember 2022

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi

Ketua Penguji :

Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA.

NIP. 195701181985031004

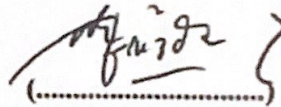


(.....)

Sekretaris Penguji :

Aneka Firdaus, S.T, M.T.

NIP. 197502261999031001

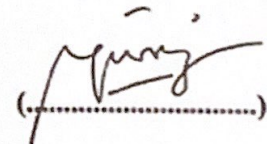


(.....)

Penguji :

Ir. Hj. Marwani, M.T.

NIP. 196503221991022001



(.....)

Palembang, Desember 2022

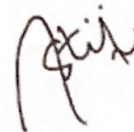
Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi


Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., PhD.

NIP. 197112251997021001



Astuti, S.T., M.T.

NIP. 197210081998022001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Ilham Khoir

NIM : 03051381823064

Judul : Pengaruh Konsentrasi 0,3%, 0,5%, Dan 0,7% Partikel TiO_2
Terhadap Koefisien Konveksi Pada *Double Pipe Heat Exchanger*

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, Desember 2022



M. Ilham Khoir
NIM: 03051381823064

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Ilham Khoir

NIM : 03051381823064

Judul : Pengaruh Konsentrasi 0,3%, 0,5%, Dan 0,7% Partikel TiO_2
Terhadap Koefisien Konveksi Pada *Double Pipe Heat Exchanger*

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

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

Palembang, Desember 2022



M. Ilham Khoir

NIM: 03051381823064

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Pengaruh Konsentrasi 0,3%, 0,5%, Dan 0,7% Partikel TiO₂ Terhadap Koefisien Konveksi Pada Double Pipe Heat Exchanger.

Dalam penyusunan tulisan laporan ini, penulis ingin mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi bimbingan dalam proses penyelesaian proposal ini. Terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Sahrin dan Ibu Mustika Herlaini selaku orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
2. Astuti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembina Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan 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. Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Dhiya Shofi Aldani, Arbi Wiranata, Ario Gerald, Muhammad Iqbal Maitsa, Tamilya Varoka, Farisan Kasyfi Albajili, Sun Fiero Ibrahim yang banyak membantu dan menemani menyelesaikan skripsi ini.

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 dapat memberikan

manfaat serta kontribusi di dalam dunia pendidikan dan industri serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Palembang, Desember 2022



M. Ilham Khoir

NIM: 03051381823064

RINGKASAN

PENGARUH KONSENTRASI 0,3%, 0,5%, DAN 0,7% PARTIKEL TiO₂ TERHADAP KOEFISIEN KONVEKSI PADA DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 15 Desember 2022

M. Ilham Khoir, di bimbing oleh Astuti, S.T., M.T.

XXVII+ 68 Halaman, 16 Tabel, 32 gambar, 5 lampiran

RINGKASAN

Heat exchanger merupakan perangkat perpindahan panas yang digunakan untuk transfer energi panas internal antara dua atau lebih cairan yang berada pada temperatur yang berbeda. *Heat exchanger* biasanya digunakan pada proses, minyak bumi, transportasi, listrik, AC, pendinginan, kriogenik, bahan bakar alternatif, pemulihan panas, dan industri lainnya. Salah satu dari jenis *heat exchanger* yaitu *double pipe heat exchanger* karena hanya terdiri dari satu selongsong dan satu pipa. *Heat exchanger* dirancang agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Jenis aliran yang digunakan adalah *counter flow* dimana aliran yang saling berlawanan antara pipa luar dan pipa dalam pada *heat exchanger*. Dalam penelitian ini akan memanfaatkan nanopartikel untuk pembuatan nanofluida dengan cara mencampurkan (melarutkan) nanopartikel dengan fluida dasar air yang akan digunakan. Nanofluida merupakan suatu suspensi yang mengandung nanopartikel atau fluida dengan nanopartikel yang didispersikan ke dalamnya dengan ukuran material berskala 1-100 nm. Pada fluida pendingin penukar panas, penulis menggunakan nanofluida TiO₂. Alasan penulis menggunakan TiO₂ sebagai nanopartikel karena Titanium mempunyai banyak kelebihan, diantaranya : massa jenis rendah, tahan pada temperatur tinggi, tahan korosi, serta mempunyai sifat biokompatibilitas yang tinggi sehingga bisa digunakan menjadi produk biomaterial. Untuk dapat mencapai tujuan dari penelitian ini, ada beberapa perhitungan yang akan dilakukan, di antaranya, menghitung selisih nilai perubahan temperatur pada *heat*

exchanger, perhitungan massa nanofluida , kecepatan aliran fluida, mendapatkan nilai debit aliran fluida, nilai laju aliran massa, nilai kesetimbangan energi kalor, bilangan *prandtl*, bilangan *reynold*, bilangan *nusselt*, dan yang terakhir menghitung nilai koefisien konveksi dan koefisien konveksi keseluruhan. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan fluida biasa dan nanofluida TiO₂ dengan fraksi volume 0,3%, 0,5% dan 0,7%. Dapat disimpulkan Nanofluida lebih efektif apabila dibandingkan dengan fluida air biasa. Akan tetapi penambahan fraksi volume nanopartikel tidak menentukan kenaikan pada koefisien konveksi nanofluida. Nanofluida TiO₂ mempengaruhi nilai Densitas, panas spesifik, viskositas dinamik, dan konduktivitas termal, dengan digunakannya nanofluida properties fluida akan berubah karena memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dari tabel hasil perhitungan koefisien konveksi keseluruhan di atas, mendapatkan nilai rata-rata sebagai berikut, untuk koefisien konveksi keseluruhan fluida panas dan fluida pendingin tanpa nanofluida didapat nilai rata-rata sebesar 391,18 W/m².K, untuk nanofluida fraksi volume 0,3% didapat nilai rata-rata sebesar 650,28 W/m².K, untuk nanofluida fraksi volume 0,5% didapat nilai rata-rata sebesar 940,64 W/m².K, dan yang terakhir untuk nanofluida fraksi volume 0,7% diperoleh nilai rata-rata sebesar 805,61 W/m².K. Dari Nilai koefisien konveksi keseluruhan nanofluida fraksi volume 0,5% memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan fraksi volume 0,3%, 0,7% dan air biasa.

Kata Kunci: Alat penukar kalor pipa ganda, perpindahan panas, nanofluida, koefisien konveksi

SUMMARY

EFFECT OF CONCENTRATION 0.3%, 0.5%, AND 0.7% TiO₂ PARTICLES ON THE CONVECTION COEFFICIENT OF DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER

Scientific papers in the form of Undergraduate Thesis, 15 December 2022

M. Ilham Khoir, Supervised by Astuti, S.T., M.T.

XXVII+ 68 Pages, 16 Tabela, 32 Picture, 5 Attachements

SUMMARY

Heat exchanger is a heat transfer device used for the transfer of internal thermal energy between two or more fluids that are at different temperatures. Heat exchanger usually used in processes, petroleum, transportation, electricity, AC, refrigeration, cryogenics, alternative fuels, heat recovery, and other industries. One of a kind heat exchanger that is double pipe heat exchanger because it only consists of one sleeve and one pipe. Heat exchanger designed so that heat transfer between fluids can take place efficiently. The type of flow used is counter flow where the opposite flow between the outer pipe and the inner pipe is on heat exchanger. In this research, nanoparticles will be utilized for the manufacture of nanofluids by mixing (dissolving) the nanoparticles with the water base fluid to be used. Nanofluid is a suspension containing nanoparticles or fluid with nanoparticles dispersed into it with a material size of 1-100 nm. In the heat exchanger cooling fluid, the authors use TiO₂ nanofluid. The reason the author uses TiO₂ as nanoparticles because Titanium has many advantages, including: low density, high temperature resistance, corrosion resistance, and high biocompatibility so that it can be used as a biomaterial product. To be able to achieve the objectives of this study, there are several calculations that will be carried out, including calculating the difference in the value of the temperature change at heat exchanger, calculation of nanofluid mass, fluid flow velocity, obtaining fluid flow discharge value, mass flow rate value, heat energy balance value, number prandtl, number reynold, number nusselt, and the last one calculates

the value of the convection coefficient and the overall convection coefficient. Based on the results of research using ordinary fluids and TiO₂ nanofluids with a volume fraction of 0.3%, 0.5% and 0.7%. It can be concluded that Nanofluids are more effective when compared to ordinary water fluids. However, the addition of the nanoparticle volume fraction does not determine the increase in the nanofluid convection coefficient. TiO₂ nanofluid affect the value of Density, specific heat, dynamic viscosity, and thermal conductivity, by using nanofluids the fluid properties will change because they have different characteristics. From the table of the results of the calculation of the overall convection coefficient above, the average value is obtained as follows, for the overall convection coefficient of the hot fluid and cooling fluid without nanofluid, the average value is 391.18 W/m².K, for nanofluid volume fraction of 0.3% obtained an average value of 650.28 W/m².K, for 0.5% volume fraction nanofluid obtained an average value of 940.64 W/m².K, and the last for nanofluid volume fraction of 0.7% obtained an average value of 805.61 W/m².K. From the value of the overall convection coefficient, the nanofluid volume fraction of 0.5% has the greatest value compared to the volume fraction of 0.3%, 0.7% and ordinary water.

Keyword: Double pipe heat exchanger, heat transfer, nanofluid, convection coefficient

DAFTAR ISI

Halaman Judul	iii
Halaman Pengesahan	v
Halaman Persetujuan Agenda.....	vii
Halaman Persetujuan.....	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	xi
Halaman Pernyataan Integritas.....	xiii
Kata Pengantar.....	xv
Ringkasan	xvii
Summary	xix
Daftar Isi.....	xxi
Daftar Gambar	xxv
Daftar Tabel.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perpindahan Panas.....	5
2.1.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi	5
2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi	6
2.1.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi	7
2.2 <i>Heat Exchanger</i>	8
2.2.1 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	8
2.2.2 <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	9
2.2.3 <i>Coil Pipe Heat exchanger</i>	9
2.2.4 <i>Open Tube Section Heat exchanger</i>	10
2.2.5 <i>Spiral Heat Exchanger</i>	11
2.2.6 <i>Lamella Heat Exchanger</i>	11

2.2.7 <i>Gasketter Plate Exchanger</i>	12
2.3 Nanofluida.....	12
2.3.1 Nanopartikel.....	12
2.3.2 Titanium dioksida (TiO ₂).....	13
2.4 Aliran Fluida	13
2.5 Bilangan <i>Reynolds</i> (<i>Reynolds Number</i>)	17
2.6 Bilangan <i>Prandtl</i>	18
2.7 Bilangan <i>Nusselt</i> (<i>Nusselt number</i>)	19
2.8 Perhitungan Massa Nanofluida	20
2.9 Perhitungan Koefisien Konveksi.....	22
2.10 Perhitungan Koefisien Konveksi Keseluruhan	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Metode Penelitian.....	25
3.2 Diagram Alir Penelitian	25
3.3 Rangkaian Alat Pengujian	26
3.4 Komponen Alat Uji	26
3.4.1 Pipa Silinder.....	26
3.4.2 Pompa Sentrifugal	27
3.4.3 Pipa Penyalur	28
3.4.4 Tangki Penampungan	29
3.5 Instrumen Ukur	29
3.5.1 Jangka Sorong.....	30
3.5.2 <i>Stopwatch</i>	30
3.5.3 Termometer.....	31
3.5.4 Timbangan Digital.....	31
3.5.5 <i>Temperature Display</i>	32
3.5.6 Termokopel.....	32
3.5.7 <i>Magnetic Stirrer Set</i>	33
3.5.8 Skema alat <i>double pipe heat exchanger</i>	33
3.6 Prosedur Pengambilan Data Uji	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Pengambilan Dan Pengolahan Data	37
4.1.1 Data Hasil Pengujian	37
4.1.2 Debit Aliran Fluida.....	40

4.1.3 Kecepatan Aliran Fluida	40
4.1.4 Laju Aliran Massa	41
4.1.5 Keseimbangan Energi Kalor	42
4.1.6 Bilangan <i>Reynold</i>	43
4.1.7 Bilangan <i>Prandtl</i>	45
4.1.8 Bilangan <i>Nusselt</i>	48
4.1.9 Koefisien Konveksi	49
4.1.10 Koefisien Konveksi Keseluruhan	50
4.2 Pembahasan.....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perpindahan panas konduksi	5
Gambar 2. 2 Perpindahan panas konveksi	6
Gambar 2. 3 Perpindahan panas radiasi.	7
Gambar 2. 4 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	9
Gambar 2. 5 <i>Double Pipe Heat exchanger</i>	9
Gambar 2. 6 <i>Coil Pipe Heat Exchanger</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Open Tube Section Heat exchanger</i>	10
Gambar 2. 8 <i>Spiral heat exchanger</i>	11
Gambar 2. 9 <i>Lamella Heat Exchanger</i>	11
Gambar 2. 10. Nanopartikel TiO ₂	13
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	25
Gambar 3. 2 Rangkaian <i>Heat Exchanger</i>	26
Gambar 3. 3 Tabung <i>Heat Exchanger</i>	27
Gambar 3. 4 Pompa Sentrifugal	28
Gambar 3. 5 Pipa PVC Penyalur 3/4 inch.....	28
Gambar 3. 6 Tangki Fluida Panas & Fluida Pendingin	29
Gambar 3. 7 Jangka Sorong	30
Gambar 3. 8 <i>Stopwatch</i>	30
Gambar 3. 9 Termometer	31
Gambar 3. 10 Timbangan Digital	31
Gambar 3. 11 <i>Temperatur Display</i>	32
Gambar 3. 12 Termokopel	32
Gambar 3. 13 <i>Magnetic Stirrer</i>	33
Gambar 3. 14 Skema alat <i>double pipe heat exchanger</i>	33

Gambar 4. 1 Grafik bilangan <i>Reynold</i> fluida panas terhadap T_{hi}	55
Gambar 4. 2 Grafik bilangan <i>Reynold</i> fluida pendingin terhadap T_{ci}	56
Gambar 4. 3 Grafik bilangan <i>Prandtl</i> fluida panas terhadap T_{hi}	56
Gambar 4. 4 Grafik bilangan <i>Prandtl</i> fluida pendingin terhadap T_{ci}	57
Gambar 4. 5 Grafik bilangan <i>Nusselt</i> fluida panas terhadap T_{hi}	58
Gambar 4. 6 Grafik bilangan <i>Nusselt</i> fluida pendingin terhadap T_{ci}	58
Gambar 4. 7 Grafik hubungan h_i dengan T_{hi} untuk fluida panas	59
Gambar 4.8 Grafik hubungan h_o dengan T_{ci} untuk fluida pendingin menggunakan nanofluida TiO_2	60

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data temperatur fluida panas dan fluida pendingin air biasa.....	38
Tabel 4.2 Data temperatur fluida panas dan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,3%	38
Tabel 4.3 Data temperatur fluida panas dan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,5%	39
Tabel 4.4 Data temperatur fluida panas dan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,7%	39
Tabel 4.5 Data hasil perhitungan fluida panas air biasa	51
Tabel 4.6 Data hasil perhitungan fluida panas dengan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,3 %	51
Tabel 4.7 Data hasil perhitungan fluida panas dengan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,5 %	52
Tabel 4.8 Data hasil perhitungan fluida panas dengan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,7 %	52
Tabel 4.9 Data hasil perhitungan fluida pendingin air biasa	53
Tabel 4.10 Data hasil perhitungan fluida pendingin dengan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,3 %	53
Tabel 4.11 Data hasil perhitungan fluida pendingin dengan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,5 %	54
Tabel 4.12 Data hasil perhitungan fluida pendingin dengan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,7 %	54
Tabel 4.13 Data hasil perhitungan nilai koefisien konveksi keseluruhan air biasa	61
Tabel 4.14 Data hasil perhitungan nilai koefisien konveksi keseluruhan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,3 %	61
Tabel 4.15 Data hasil perhitungan nilai koefisien konveksi keseluruhan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,5 %	61
Tabel 4.16 Data hasil perhitungan nilai koefisien konveksi keseluruhan nanofluida TiO ₂ fraksi volume 0,7 %	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Heat exchanger merupakan perangkat perpindahan panas yang digunakan untuk transfer energi panas internal antara dua atau lebih cairan yang berada pada temperatur yang berbeda. Di sebagian besar *heat exchanger*, cairan dipisahkan oleh permukaan perpindahan panas, dan idealnya mereka tidak bercampur. *Heat exchanger* biasanya digunakan pada proses, minyak bumi, transportasi, listrik, AC, pendinginan, kriogenik, bahan bakar alternatif, pemulihan panas, dan industri lainnya (Thulukkanam, 2013). Salah satu dari jenis *heat exchanger* yaitu *double pipe heat exchanger* karena hanya terdiri dari satu selongsong dan satu pipa. Prinsip kerja dari alat *heat exchanger* ini, yaitu cairan mengalir di dalam pipa dan cairan lainnya mengalir melalui selongsong.

Yang istimewa dari *heat exchanger* ini yaitu dapat bekerja pada tekanan yang tinggi dan di tempat area yang tidak ada sambungan, maka resiko tercampurnya kedua cairan sangat kecil (Putra dkk., 2018). *Heat exchanger* dirancang agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Jenis aliran yang digunakan adalah *counter flow* dimana aliran yang saling berlawanan antara pipa luar dan pipa dalam pada *heat exchanger* (Sari dkk., 2018). Pengenalan nanopartikel secara signifikan meningkatkan kinerja perpindahan panas dari cairan dasar secara signifikan. Fluida dasar bisa berupa air, fluida organik (misalnya etilena, trietilen-glikol, zat pendingin, dll.), minyak dan pelumas, biofluida, larutan polimer, serta fluida umum lainnya. (Diniardi dkk., 2021).

Pada fluida pendingin penukar panas penulis menggunakan nanopartikel TiO₂. Alasan penulis menggunakan TiO₂ sebagai nanopartikel karena Titanium mempunyai banyak kelebihan, diantaranya: massa jenis rendah, tahan pada temperatur tinggi, tahan korosi, serta mempunyai sifat biokompatibilitas yang

tinggi sehingga bisa digunakan menjadi produk biomaterial (Nasution dan Fitri, 2018). Maka dari itu, penulis mencoba menganalisis pengaruh karakteristik dari nanofluida TiO_2 untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas konveksi pada *double pipe heat exchanger*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan sebuah masalah yaitu menerapkan fenomena perpindahan panas yang terjadi pada *double pipe heat exchanger* untuk menganalisa pengaruh dari nanofluida TiO_2 terhadap nilai koefisien konveksi dengan konsentrasi partikel yang sudah ditentukan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Pada penukar kalor menggunakan aliran *counterflow*.
2. Pada penukar kalor menggunakan jenis pipa *circular*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis debit aliran dan kecepatan aliran nanofluida TiO_2 untuk konsentrasi (0,3%, 0,5%, 0,7%).
2. Mengidentifikasi karakteristik nanofluida TiO_2 agar mengetahui densitas, kalor spesifik, konduktivitas termal, dan viskositas dinamik.
3. Mendapatkan nilai koefisien konveksi nanofluida TiO_2 dengan konsentrasi (0,3%, 0,5%, 0,7%).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh nanofluida terhadap nilai koefisien konveksi.
2. Dapat digunakan orang lain sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristya, E. and Putra, P. (2018) 'Alat Penukar Kalor Pipa Ganda Dengan Pengarah Beralur Helix', *Jurnal Mekanikal*, 9(1), pp. 808–813.
- Ario G. (2017). Kajian Numerical Analysis Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Dengan Nanofluida Al_2O_3 Dan TiO_2 Pada Heat Exchanger Tabung Silinder Tipe Counter Flow. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Gunadarma : Jakarta.
- Bizzy, I. and Setiadi, R. (2013) 'Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dengan Program Heat Transfer Research Inc. (Htri)', *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 13(1), pp. 67–76.
- Budiman, A., Syarief, A. and Isworo, H. (2014) 'Analisis Perpindahan Panas dan Efisiensi Efektif High Pressure Heater (HPH) di PLTU Asam-Asam', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(2), pp. 76–82.
- Diniardi, E. et al. (2021) 'Studi Pengembangan Hibrida Nanofluida Untuk Aplikasi di Bidang Teknik', 13(2), pp. 237–246.
- Frank P. Incropera. 2011. *Fundamentals Of Heat And Mass Transfer Seventh Edition*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Harso, A. (2017). Nanopartikel Dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia. *Jurnal Ilmiah Dinamika Sains*, 1(1), pp. 20-26.
- Iqbal M T. (2019). 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. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya : Palembang.
- Kumar, A. and Subudhi, S. (2021) *Thermal Characteristics and Convection in Nanofluids, Lecture Notes in Mechanical Engineering*.
- Kumareswaran, S. (2014) *Departemen of Chemical and Process Engineering, University of Moratuwa*
- Mulya, W., Abrar, A. and Syarif, D. G. (2018) 'Nanopartikel , Hasil Green Synthesis Dan Aplikasinya Di Mesin Pendingin Nanoparticle , a Green Synthesis Product and Its Application', *e-Proceeding of Engineering*, 5(1), pp. 894–901.
- Nasution, N. and Fitri, A. (2018) 'Sintesis Nanopartikel TiO_2 Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitasi', *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, 2(2), pp. 18–25.
- Rahayu, P., Putri, D. K. and Indriyani, N. (2021) 'Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss', *Jurnal Agitasi*, 2(2), pp. 2776–513.

- Ramadhan, A. I., Diniardi, E. and Sutowo, C. (2013) 'Studi Literatur Pengembangan Nanofluida Untuk Aplikasi Pada Bidang Teknik Di Indonesia', Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT), pp. 35–40.
- Sabharwall, P. et al. (2017) Theoretical Design of a Thermosyphon for Efficient Process Heat Removal from Next Generation Nuclear Plant (NGNP) for Production of Hydrogen.
- Sri Poernomo Sari, Sandy Suryady and Astuti (2018) 'Koefisien Perpindahan Panas Konveksi dan Simulasi Distribusi Temperatur Aliran Fluida pada Penukar Kalor Pipa Ganda dengan Pipa Spiral', Seminar Nasional-XVII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri, XVII(November), pp. 21–22.
- Suastiyanti, D., Fatanur, Y. and Rupajati, P. (2020) 'Analisa Kerusakan Tube Heat Exchanger Menggunakan Metode Remote Field Testing (RFT)', Jurnal Teknik Mesin ITI, 4(3), p. 73.
- Sudrajat, J. (2017). Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem Cog Booster Di Intergrated Steel Mill Krakatau. Jurnal Teknik Mesin, 6(3), pp. 174-181.
- Supu, I. et al. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda. Jurnal Dinamika, 7(1), pp. 62-73
- Suswanto, Mustaqim and Wibowo, A. (2015) 'Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan Sirip Berbentuk Siku Empat', Jurnal Bidang Teknik, 10(1), pp. 47–53.
- Syukri, F. A. and Suyitno, B. M. (2022) 'Analisis Pengaruh Nanofluida Titanium Dioksida (TiO_2) Terhadap Kinerja Fluida Dasar Pada Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Panas Pipa Ganda', 4(1), pp. 18–25.
- Thulukkanam, Thulukkanam, K. (2013). Heat Exchanger Design Handbook, Heat Exchanger Design Handbook.
- Tiandho, Y. and Afriani, F. (2020). Model Konduktivitas Termal Nanofluida Berdasarkan Grup Tak Berdimensi Dengan Parameter Termofisika Kompleks. Jurnal Fisika Flux, 17(1), pp. 30-36.
- Wahyono, W. and Rochani, I. (2019) 'Pembuatan Alat Uji Perpindahan Panas Secara Radiasi', Eksergi, 15(2), p. 50.