

**ANALISIS CFD KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS
TERHADAP *NANO-FLUIDA* ETILEN GLIKOL-TiO₂ DALAM
*CONCENTRIC DOUBLE TUBE HEAT EXCHANGER***

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana S-1**



**MUHAMMAD NAZIEF MAULIDINNUR
2010816210013**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2024**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

**“Analisis CFD Karakteristik Perpindahan Panas terhadap Nano-fluida Etilen
Glikol-TiO₂ dalam *Concentric Double Tube Heat Exchanger*”**

Oleh

Muhammad Nazief Maulidinnur (2010816210013)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 16 Juli 2024 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

Ketua : Ir. Aqli Mursadin, S.T., M.T., Ph.D
NIP 197106111995121001

Anggota 1 : Ir. Rudi Siswanto, S.T., M.Eng
NIP 196806072023211005

Anggota 2 : M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T
NIP 199203222019031010

**Pembimbing
Utama** : Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng
NIP 199002212018031001

Banjarbaru, Juli 2024
diketahui dan disahkan oleh:



**Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,**

Dr. Ir. Mahmud, S.T., M.T.
NIP 197401071998021001

**Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Mesin,**

Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng
NIP 199002212018031001

IDENTITAS

JUDUL SKRIPSI :

**“ANALISIS CFD KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS TERHADAP
NANO-FLUIDA ETILEN GLIKOL-TiO₂ DALAM *CONCENTRIC DOUBLE
TUBE HEAT EXCHANGER* “**

Nama Mahasiswa : Muhammad Nazief Maulidinnur

NIM : 2010816210013

KOMITE PEMBIMBING

Pembimbing : Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng

KOMITE PENGUJI

Ketua Komite : Ir. Aqli Mursadin, S.T., M.T., Ph.D

Dosen Penguji I : Ir. Rudi Siswanto, S.T., M.Eng

Dosen Penguji II : M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T

Waktu dan Tempat Ujian Skripsi

Seminar Proposal : Selasa, 2 April 2024

Seminar Hasil : Jum'at, 28 Juni 2024

Ujian Akhir : Selasa, 16 Juli 2024

Tempat : Ruang Sidang PSTM FT ULM

SK Penguji :

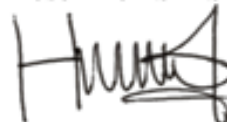
LEMBAR KONSULTASI

SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Muhammad Nazief Maulidinnur
NIM : 2010816210013
Judul Skripsi : Analisis CFD Karakteristik Perpindahan Panas terhadap Nano-fluida Etilen Glikol-TiO₂ dalam Concentric Double Tube Heat Exchanger

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1	03 November 2023	Konsultasi Judul	
2	05 Oktober 2023	Acc Konsultasi Judul	 
3	07 Oktober 2023	Bab I	
4	08 Oktober 2023	Perbaiki rumusan masalah, tujuan, dan manfaat	
5	01 Desember 2023	Acc Bab 1	
	02 Desember 2023	Bab II dan Bab III	
6	22 Maret 2024	Metode Penelitian, Metode Validasi, dan Variable Penelitian	
7	25 Maret 2024	Acc Bab II dan Bab III	
8	26 Maret 2024	Daftar seminar proposal	
9	27 Maret 2024	Revisi Bab I, Bab II, dan Bab III	
10	19 Juni 2024	Tambahkan dan perjelas fenomena perpindahan didalam model	
11	26 Juni 2024	Grafik trendline dan ACC Bab IV serta Bab V, dan ACC seminar hasil	
12	28 Juni	Persamaan yang dipakai	
13	2 Juli	Menambah referensi terkait aplikasi HE	
14	11 Juli	Acc daftar sidang akhir	

Banjarbaru, 26 Juni 2024
Dosen Pembimbing



Herry Irawansyah, S.T., M.Eng
NIP. 199002212018031001

ORISINALITAS
PENELITIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Penelitian Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di perguruan tinggi, terkecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur jiplakan Skripsi, saya bersedia Skripsi dibatalkan serta di proses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Banjarbaru, Juli 2024
Mahasiswa,

Muhammad Nazief Maulidinnur
NIM. 2010816210013

RIWAYAT HIDUP

Muhammad Nazief Maulidinnur lahir di Kandangan, 9 Juni 2002, Putra ke-2 dari ayah yang bernama M. Aminuddin, S.Pd., M.Pd. dan ibu yang bernama Nurul Kasbiah, S.Pd., M.Pd. Menempuh pendidikan SD pada SDN 2 Barabai Darat (2008 – 2014), SMP/MTS di MTsN 2 Hulu Sungai Tengah (2014 – 2017), SMA/MA di MAN 2 Hulu Sungai Tengah (2017 – 2020). Kemudian studi lanjutan pada program studi Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan tahun 2020.

Banjarbaru, Juli 2024

Mahasiswa,

Muhammad Nazief Maulidinnur

NIM.2010816210013

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji Syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ANALISIS CFD KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS TERHADAP *NANO-FLUIDA* ETILEN GLIKOL-TiO₂ DALAM *CONCENTRIC DOUBLE TUBE HEAT EXCHANGER*”. Shalawat dan salam selalu tercurah kan kepada Nabi dan Rasul Muhammad SAW, beserta sahabat, kerabat, serta pengikut beliau hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak terlepas dari campur tangan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya terkhusus kepada:

1. Orang tua, Ayah M. Aminuddin dan Ibu Nurul Kasbiah yang mana beliau telah memberikan dukungan yang tidak terhitung jumlahnya baik itu berupa doa, ucapan semangat dan materil. Sehingga penulis dapat mengerjakan skripsi ini dengan sebaik – baiknya.
2. Bapak Prof. Dr. Ahmad Alim Bachri, S.E., M.Si, selaku Rektor Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Iphan Fitriana Radam, S.T., M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Bapak Dr. Mahmud, S.T.,M.T., selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Ghofur, S.T., M.T. IPM., selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
6. Bapak Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng., selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat sekaligus dosen pembimbing dalam penyelesaian skripsi dan telah mendorong, membimbing, dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini serta selaku dosen pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dari semester satu sampai dengan selesai.

7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat
8. Seluruh kawan – kawan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Angkatan 2020 yang telah mendukung hingga terselesaikannya Skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah berkontribusi dalam terselesaikannya Skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan dalam penyusunan Skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan dalam perbaikan. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi pembacanya.

Banjarbaru, Juli 2024
Mahasiswa,

Muhammad Nazief Maulidinnur
NIM.2010816210013

RINGKASAN

Muhammad Nazief Maulidinnur, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, July 2024. Analisis CFD Karakteristik Perpindahan Panas terhadap *Nano-fluida* Etilen Glikol - TiO₂ dalam *Concentric Double Tube Heat Exchanger*; Pembimbing: Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng., Ketua Komite: Ir. Aqli Mursadin, S.T., M.T., Ph.D., Anggota 1: Ir. Rudi Siswanto, S.T., M.Eng., Anggota 2: M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

Penelitian ini menyelidiki tentang pengaruh penambahan *nano-partikel* titanium dioksida (TiO₂) ke dalam etilen glikol pada fraksi *volume* 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,1%, 0,2%, dan 0,3% di berbagai temperatur operasional pada alat *Concentric Double Tube Heat Exchange* terhadap laju perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas dengan menggunakan metode simulasi CFD dan kemudian dibandingkan dengan hasil *experimental* peneliti terdahulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *error* antara hasil simulasi dan *experimental* masih dalam *range* yang dapat diterima <10% dan dampak yang paling efektif adanya peningkatan koefisien perpindahan panas terjadi pada temperatur operasional fluida 50°C yang mana efek tersebut mengalami kenaikan 11,9% pada laju perpindahan panas dan 12,2% pada koefisien perpindahan panas dengan kondisi fraksi volume 0,3% jika dibandingkan dengan kondisi fraksi volume 0,03% di kondisi temperatur operasional fluida yang sama. Namun, terjadi penurunan di semua kondisi baik pada laju perpindahan panas maupun koefisien perpindahan panas seiring dengan penambahan temperatur. Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa dengan penambahan *nano-partikel* dengan fluida dasar akan meningkatkan perpindahan panas dan membantu mengoptimalkan kinerja pada suhu yang lebih tinggi.

Kata kunci: CFD, *Nano-fluida*, Etilen Glikol, TiO₂, Fraksi volume, Temperatur, Perpindahan Panas, *Concentric Double Tube Heat Exchanger*,

SUMMARY

Muhammad Nazief Maulidinnur, *Program Study of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University, July 2024. CFD Analysis of Heat Transfer Characteristics of Ethylene Glycol - TiO₂ Nanofluid in a Concentric Double Tube Heat Exchanger*; Supervisor: Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng., Committee Chairman: Ir. Aqli Mursadin, S.T., M.T., Ph.D., *Member 1*: Ir. Rudi Siswanto, S.T., M.Eng., *Member 2*: M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

This study investigates the effect of adding titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles to ethylene glycol at volume fractions of 0.01%, 0.02%, 0.03%, 0.1%, 0.2%, and 0.3% across various operational temperatures in a concentric double tube heat exchanger on the heat transfer rate and heat transfer coefficient using CFD simulation methods and then compared with previous experimental research findings. The results show that the average error between simulation and experimental results is within an acceptable range of less than 10%, and the most effective impact on the heat transfer coefficient increase occurs at an operational fluid temperature of 50°C, where an 11.9% increase in heat transfer rate and a 12.2% increase in heat transfer coefficient are observed with a 0.3% volume fraction compared to a 0.03% volume fraction at the same operational fluid temperature. However, a decline in both heat transfer rate and heat transfer coefficient is noted at higher temperatures. This research confirms that adding nanoparticles to the base fluid enhances heat transfer and helps optimize performance at higher temperatures.

Keywords: CFD, Nanofluid, Ethylene Glycol, TiO₂, Volume Fraction, Temperature, Heat Transfer, Concentric Double Tube Heat Exchanger

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	18
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Tujuan Penelitian.....	21
1.4 Batasan Masalah.....	21
1.5 Manfaat Penelitian.....	22
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	23
2.1 Perpindahan Kalor (<i>Heat Transfer</i>).....	23
2.1.1 <i>Heat Capacity</i>	24
2.1.2 Konduktivitas <i>Thermal</i>	24
2.1.3 Konduksi.....	25
2.1.4 Konveksi.....	28
2.1.5 Koefisien Perpindahan Kalor secara Konveksi.....	30
2.1.6 Koefisien Perpindahan Panas Secara Menyeluruh.....	31
2.1.7 Radiasi.....	32
2.2 Aliran Fluida.....	33
2.2.1 Bilangan Reynolds.....	33
2.2.2 <i>Incompressible Flow</i>	36
2.2.3 <i>Internal Flow</i>	36
2.3 Karakteristik Aliran Fluida dalam Pipa.....	37
2.3.1 <i>Separation Point</i>	37
2.3.2 Aliran Sekunder (<i>Secondary Flow</i>).....	38
2.4 Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>).....	39
2.4.1 Klasifikasi Alat Penukar Kalor.....	39
2.5 Lapisan Batas (<i>Boundary Layer</i>).....	42
2.5.1 Lapisan Batas Hidrolik.....	42
2.5.2 Lapisan Batas <i>Thermal</i>	43
2.6 Etilen Glikol.....	45

2.6.1	Pengertian Etilen Glikol.....	45
2.6.2	Manfaat dan Kegunaan Etilen Glikol.....	46
2.7	Titanium Dioksida	47
2.7.1	Pengertian Titanium Dioksida.....	47
2.7.2	Karakteristik Titanium Dioksida (TiO ₂)	48
2.7.3	Metode Sintesis Titanium Dioksida (TiO ₂)	48
2.8	Prediksi <i>Thermophysical Properties Nano-fluida</i>	49
2.8.1	<i>Viscosity Nano-fluida</i>	49
2.8.2	<i>Thermal Conductivity Nano-fluida</i>	49
2.8.3	<i>Thermophysical Properties Lainnya</i>	50
2.9	CAD (<i>Computer Aided Design</i>)	50
2.10	Computer Fluid Design (CFD).....	51
2.10.1	<i>Meshing</i>	52
2.10.2	<i>Boundary Condition</i>	54
2.10.3	Model Turbulensi	55
2.10.4	<i>Governing equations</i>	56
2.11	Penelitian terdahulu	58
BAB III METODE PENELITIAN.....		66
3.1	Geometri Alat Uji	66
3.2	Skematis Alat Uji	68
3.3	Prosedur Penelitian.....	70
3.4	<i>Boundary Conditions</i>	72
3.5	<i>Analisa Grid Independency</i>	72
3.6	Jadwal Penelitian	74
3.7	Variable Penelitian.....	74
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	75
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		76
4.1	Prediksi <i>Thermophysical Properties</i>	76
4.1.1	Konduktivitas <i>Thermal</i>	76
4.1.2	<i>Density</i> dan <i>Spesific Heat</i>	78
4.1.3	<i>Dynamic Viscosity</i>	80
4.2	Hasil Simulasi <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	82

4.3	Pengolahan data.....	84
4.3.1	Perhitungan Log-mean Temperature Difference ($\Delta LMTD$).....	84
4.3.2	Perhitungan Laju Aliran Massa.....	84
4.3.3	Perhitungan Laju Perpindahan Panas.....	85
4.3.4	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas.....	86
4.4	Analisis Perbandingan Hasil <i>Experiment</i> dan Hasil Simulasi.....	86
4.5	Analisis Data dan Fenomena Aliran Fluida.....	89
4.5.1	Analisis Data Karakteristik Perpindahan Panas.....	89
4.5.2	Analisis Fenomena Perpindahan Panas yang Terjadi.....	91
4.6	Analisis Perbandingan Antar <i>Tube Material</i>	97
BAB V PENUTUP.....		100
5.1	Kesimpulan.....	100
5.2	Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA.....		102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perpindahan panas pada dinding <i>aluminum cola</i>	26
Gambar 2. 2 Analogi silinder berongga	27
Gambar 2. 3 Silinder dan analogi listrik	27
Gambar 2. 4 Perpindahan panas dari permukaan yang panas ke udara luar	29
Gambar 2. 5 Aliran laminar.....	34
Gambar 2. 6 Aliran transisi	35
Gambar 2. 7 Aliran turbolen.....	35
Gambar 2. 8 <i>Boundary layer in pipe (internal flow)</i>	37
Gambar 2. 9 <i>Separation point</i> pada <i>diffuser</i>	38
Gambar 2. 10 Aliran sekunder pada <i>elbow</i> pipa	38
Gambar 2. 11 <i>Teacups experiment secondary flow</i>	39
Gambar 2. 12 Alat penukar panas <i>double concentric pipe</i>	41
Gambar 2. 13 <i>Counterflow heat exchanger</i>	42
Gambar 2. 14 Pertumbuhan lapisan batas	43
Gambar 2. 15 <i>Thermal boundary layer</i>	44
Gambar 2. 16 <i>Development thermal boundary layer</i>	45
Gambar 2. 17 Etilen glikol.....	46
Gambar 2. 18 Titanium dioksida (TiO_2).....	47
Gambar 2. 19 <i>Computer aided design</i>	51
Gambar 2. 20 <i>Meshing quality</i>	52
Gambar 2. 21 <i>Different between poly-hexcore, polyhedral, hexcore, tetrahedral</i>	54
Gambar 3. 1 Alat uji penelitian terdahulu	67
Gambar 3. 2 Detail geometri model uji.....	67
Gambar 3. 3 Geometri model uji	68
Gambar 3. 4 Skematic alat uji	69
Gambar 3. 5 Posisi pengambilan data	69
Gambar 3. 6 Hasil komputasi tiap variasi <i>mesh</i>	73
Gambar 3. 7 Diagram alir.....	75
Gambar 4. 1 Grafik hubungan TiO_2 dengan temperatur terhadap konduktivitas <i>thermal</i>	77

Gambar 4. 2 Grafik hubungan TiO_2 dengan temperatur terhadap <i>density</i> dari fluida	79
Gambar 4. 3 Grafik hubungan TiO_2 dengan temperatur terhadap <i>specific heat</i> dari fluida	79
Gambar 4. 4 Grafik hubungan TiO_2 dengan temperatur terhadap <i>dynamic viscosity</i> dari fluida	81
Gambar 4. 5 Sampel <i>contour</i> temperatur TiO_2 0,01% pada suhu 40°C	83
Gambar 4. 6 Sampel <i>contour velocity</i> TiO_2 0,01% pada suhu 40°C	83
Gambar 4. 7 Tampak <i>isometric contour</i> temperatur TiO_2 0,01% pada suhu 40°C	83
Gambar 4. 8 Grafik hubungan TiO_2 dengan temperatur terhadap laju perpindahan panas	89
Gambar 4. 9 Grafik hubungan TiO_2 dengan temperatur terhadap koefisien perpindahan panas	90
Gambar 4. 10 <i>Contour velocity</i> kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C	91
Gambar 4. 11 Detail area stagnansi kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C	92
Gambar 4. 12 Detail area <i>fluid at rest</i> kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C	93
Gambar 4. 13 Detail area <i>secondary flow</i> kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C .	93
Gambar 4. 14 Distribusi panas pada dinding pipa dalam pada kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C	94
Gambar 4. 15 Distribusi panas pada fluida panas kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C	95
Gambar 4. 16 Distribusi panas pada fluida panas kondisi TiO_2 0,3% pada suhu 50°C dengan penyesuaian <i>range</i> warna	95
Gambar 4. 17 <i>Velocity magnitude</i> pada pipa fluida panas	96

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Langkah- langkah penelitian	70
Tabel 3. 2 <i>thermophysical properties</i>	71
Tabel 4. 1 Konduktivitas <i>thermal nano-fluida</i>	77
Tabel 4. 2 <i>Density nano-fluida</i>	78
Tabel 4. 3 <i>Spesific heat nano-fluida</i>	79
Tabel 4. 4 <i>Dynamic viscosity nano-fluida</i>	81
Tabel 4. 5 Temperatur pada fraksi volume 0,01%-0,03%	82
Tabel 4. 6 Temperatur pada fraksi volume 0,1%-0,3%	82
Tabel 4. 7 <i>Velocity</i> pada <i>outlet</i> pipa fluida panas	82
Tabel 4. 8 <i>log-mean</i> temperatur difference ($\Delta LMTD$)	84
Tabel 4. 9 Laju aliran massa	85
Tabel 4. 10 Laju perpindahan panas	85
Tabel 4. 11 Koefisien perpindahan panas	86
Tabel 4. 12 Outlet temperatur <i>experimental</i> vs simulasi	87
Tabel 4. 13 Persentase <i>error</i> tiap kondisi <i>outlet nano-fluida</i>	88
Tabel 4. 14 <i>Thermophysical properties material tube</i>	97
Tabel 4. 15 Koefisien perpindahan panas material CuNi10Fe1Mn	97
Tabel 4. 16 Koefisien perpindahan panas material AISI 316L <i>Stainless Steel</i>	98