

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN
STABILITAS FLUIDA NANO Al_2O_3 -
MWCNT/AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0,2%,
0,4%, 0,6%**



HARRY PUTRANTO

03051281823041

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN
STABILITAS FLUIDA NANO Al_2O_3 -
MWCNT/AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0,2%,
0,4%, 0,6%**

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



**OLEH
HARRY PUTRANTO
03051281823041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
FLUIDA NANO Al_2O_3 -MWCNT/AQUADES PADA FRAKSI
VOLUME 0,2%, 0,4%, 0,6%**

SKRIPSI

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

Oleh:

HARRY PUTRANTO
03051281823041

Inderalaya, Februari 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi



Barlin, S.T, M.Eng., Ph.D
NIP. 198106302006041001



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

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. : 002/1M/IAK/2022
Diterima Tanggal : 15-03-2022
Paraf : H**

SKRIPSI

**NAMA : HARRY PUTRANTO
NIM : 03051281823041
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : KARAKTERISASI SIFAT TERMO
FISIK DAN STABILITAS FLUIDA
NANO Al_2O_3 – MWCNT / AQUADES
PADA FRAKSI VOLUME 0,2%, 0,4%,
0,6%
DIBUAT TANGGAL : Juli 2022
SELESAI TANGGAL : Januari 2023**



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

**Inderalaya, Maret 2023
Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi**

**Barlin, S.T, M.Eng., Ph.D
NIP. 198106302006041001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano Al_2O_3 -MWCNT/Aquades pada Fraksi Volume 0,2%, 0,4%, 0,6%” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 04 Januari 2023.

Indralaya, Februari 2023

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi
Ketua :

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

Sekretaris :

2. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197909272003121004

Anggota :

3. Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T
NIP. 197209021997021001

()
()
()



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

Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi



Barlin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 198106302006041001

KATA PENGANTAR

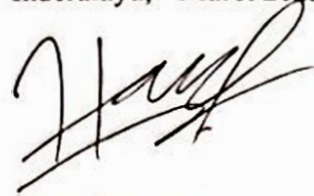
Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano Al₂O₃-MWCNT/Aquades pada Fraksi Volume 0,2%, 0,4%, 0,6%”. Shalawat serta salam tak lupa dihaturkan kepada Nabi Muhammad *Sallallahu ‘Alaihi wa Sallam* beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala macam bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini kepada :

1. Ir. Ganny Riyanto dan Ir. Hariati selaku orang tua dari penulis, saudara, serta keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik itu moral maupun materi serta doa yang tulus untuk penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
2. Barlin, S.T, M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, serta banyak memberikan saran kepada penulis dari awal hingga skripsi ini selesai.
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. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen Pembina Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Seluruh teman seperjuangan dari Jurusan Teknik Mesin Angkatan 2018.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan kemampuan yang ada. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan pada masa yang akan datang dikemudian hari.

Inderalaya, Maret 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Harry Putranto', written in a cursive style.

Harry Putranto

NIM. 03051281823041

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Harry Putranto

NIM : 03051281823041

Judul : Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano
 Al_2O_3 -MWCNT/Aquades pada Fraksi Volume 0,2%, 0,4%,
0,6%

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.

Inderalaya, Maret 2023



Harry Putranto

NIM. 03051281823041

HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Harry Putranto

NIM : 03051281823041

Judul : Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano
 Al_2O_3 -MWCNT/Aquades pada Fraksi Volume 0,2%, 0,4%,
0,6%

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 dengan aturan yang berlaku.

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



Inderalaya, Maret 2023



Harry Putranto

NIM. 03051281823041

RINGKASAN

KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS FLUIDA NANO Al_2O_3 -MWCNT/AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0,2%, 0,4%, 0,6%

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Maret 2023

Harry Putranto ; Dibimbing oleh Barlin, S.T, M.Eng., Ph.D

xxix + 72 halaman, 24 tabel, 25 gambar

RINGKASAN

Nanofluida adalah campuran antara partikel yang memiliki ukuran nano dan fluida dasar dengan setidaknya terdapat satu dimensi kurang dari 100 nm. Penambahan partikel nano kedalam fluida dasar akan merubah sifat karakteristik dari fluida dasarnya. Proses preparasi nanofluida adalah salah satu parameter penting untuk menentukan kualitas dari nanofluida tersebut. Proses preparasi nanofluida meliputi penggunaan jumlah fraksi volume, campuran rasio nanopartikel yang akan digunakan, waktu pengadukan, dan durasi waktu sistem ultrasonik. Dalam setiap parameter menggunakan 3 level. Dalam fraksi volume, 3 level yang akan digunakan adalah 0,2%, 0,4%, serta 0,6%. Dalam rasio nanopartikel yaitu 70%-30%, 50%-50%, dan 30%-70%. Dalam waktu pengadukan adalah 30, 60, serta 90 menit. Dalam durasi waktu sistem ultrasonik adalah 60, 90, serta 120 menit. Dengan menggunakan parameter dan level faktor yang ada, maka tidak mungkin untuk peneliti melakukan penelitian penuh, maka dari itu penulis akan menggunakan metode taguchi agar dapat menentukan parameter dan level faktor optimal pada nanofluida. Proses preparasi nanofluida dimulai dengan mencampurkan campuran nanopartikel antara Al_2O_3 dan MWCNT dengan fluida dasar yaitu Aquades, dan kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik. Setelah itu, nanofluida dimasukkan kedalam alat dengan sistem ultrasonik agar dapat memecah aglomerasi. Selanjutnya,

dilakukanlah evaluasi terhadap stabilitas dari 9 sampel nanofluida yang sudah dipreparasi dengan menggunakan metode sedimentasi serta sentrifugasi. Kemudian, dilakukan pengujian terhadap densitas untuk menemukan nilai massa jenis dari nanofluida tersebut menggunakan piknometer. Setelah itu, dilakukan juga pengujian terhadap viskositas dengan menggunakan alat viskometer bola jatuh, dimana prinsip kerjanya yaitu mengamati waktu yang dibutuhkan oleh bola untuk jatuh dititik yang telah ditetapkan. Selanjutnya, hasil data densitas dan viskositas tersebut akan dilakukan penghitungan statistik menggunakan metode taguchi untuk menentukan *setting* level optimal dari nanofluida tersebut. Kemudian, penghitungan statistik *analysis of variance* (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui parameter yang memiliki pengaruh signifikan ataupun tidak signifikan terhadap densitas dan viskositas nanofluida Al_2O_3 -MWCNT/Aquades. Setelah menentukan *setting* level optimal pada nanofluida, nanofluida dipreparasi kembali menggunakan *setting* level optimal. Selanjutnya, sampel optimal tersebut dilakukan uji *scanning electron microscopy* (SEM) untuk menganalisis ukuran, bentuk, dan distribusi partikelnya. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa bentuk partikel memiliki struktur yang padat, halus, dan tidak beraturan dengan tingkat aglomerasi yang berbeda. Kemudian, pengamatan dilanjutkan menggunakan *software image-J* untuk mendapatkan ukuran dan distribusi partikel tersebut.

Kata Kunci : Al_2O_3 -MWCNT, Nanofluida Hibrida , ANOVA

Kepustakaan : 33 (2009-2021)

SUMMARY

CHARACTERIZATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF Al_2O_3 -MWCNT/AQUADES NANO FLUID IN 0.2%, 0.4%, 0.6% VOLUME FRACTION

Scientific Writing in the form of a Thesis, March 2023

Harry Putranto ; Supervised of Barlin, S.T, M.Eng., Ph.D

xxix + 72 pages, 24 tables, 25 figure

SUMMARY

Nanofluid is a mixture of nano-sized particles and a base fluid with at least one dimension less than 100 nm. The addition of nanoparticle into the base fluid will change the characteristic properties of the base fluid. The nanofluid preparation process is one of the important parameters to determine the quality of the nanofluid. The nanofluid preparation process includes the use of the number of volume fractions, the mixed ratio of nanoparticles to be used, the stirring time, and the duration of the ultrasonic system. In each parameter using 3 levels. In terms of volume fractions, the 3 levels to be used are 0.2%, 0.4% and 0.6%. The ratio of nanoparticles is 70%-30%, 50%-50%, and 30%-70%. The stirring times were 30, 60 and 90 minutes. In the duration of the ultrasonic system is 60, 90, and 120 minutes. By using existing parameters and factor levels, it is impossible for researchers to conduct full research, therefore the authors will use the Taguchi method in order to determine optimal parameters and factor levels in nanofluid. The nanofluid preparation process begins by mixing the nanoparticle mixture between Al_2O_3 and MWCNT with the base fluid, namely Aquades, and then stirring using a magnetic stirrer. After that, the nanofluid is inserted into the device with an ultrasonic system so that it can break up the agglomeration. Next, an evaluation of the stability of the 9 nanofluid samples that had been prepared using the sedimentation and centrifugation methods was carried out. Then, a

density test was carried out to find the density value of the nanofluid using a pycnometer. After that, a viscosity test was also carried out using a viscometer falling ball, where the working principle is to observe the time needed for the ball to fall at a predetermined point. Furthermore, the results of the density and viscosity data will be statistically calculated using the Taguchi method to determine the optimal level setting of the nanofluid. Then, statistical analysis of variance (ANOVA) calculations were performed to determine parameters that had a significant or insignificant effect on the density and viscosity of the Al₂O₃-MWCNT/Aquades nanofluid. After determining the optimal level setting for the nanofluid, the nanofluid was prepared again using the optimal level setting. Furthermore, the optimal sample was tested by scanning electron microscopy (SEM) to analyze the size, shape, and distribution of the particles. SEM test results show that the shape of the particles has a dense, smooth, and irregular structure with different levels of agglomeration. Then, the observations were continued using image-J software to obtain the size and distribution of these particles.

Keywords : Al₂O₃-MWCNT, Hybrid Nanofluid, ANOVA

Literatures : 33 (2009-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
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.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Nanofluida	5
2.1.1 Nanoteknologi	5
2.1.2 Nanofluida Hibrida	6
2.1.3 Jenis-Jenis Nanofluida	6
2.1.4 Nanopartikel.....	6
2.1.5 Aluminium Oksida (Al_2O_3).....	7
2.1.6 <i>Multi Wall Carbon Nano Tube</i> (MWCNT).....	8
2.1.7 Aquades (Air Murni)	9
2.1.8 Aplikasi Nanofluida.....	10

2.2	Sedimentasi Nanofluida	10
2.3	Densitas	11
2.4	Viskositas	11
2.4.1	Viskositas Dinamik	12
2.4.2	Viskositas Kinematik	12
2.4.3	Viskometer Bola Jatuh (<i>Viscometer Falling Ball</i>)	13
2.5	Pendingin (<i>Coolant</i>)	14
2.6	Sentrifugasi	14
2.7	<i>Centrifuge</i>	15
2.8	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	15
2.9	Metode Taguchi	16
2.9.1	<i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR)	17
2.9.2	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	17
2.9.3	Interval Kepercayaan	18
2.10	<i>Review</i> Penelitian Terdahulu	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Diagram Alir Penelitian	23
3.2	Rangkaian Pengujian	23
3.3	Persiapan Alat dan Bahan	24
3.3.1	Alat	24
3.3.2	Bahan	25
3.4	Prosedur Penelitian	25
3.4.1	Proses Pembuatan Nanofluida	25
3.4.2	Penghitungan Massa Nanopartikel	26
3.4.3	Prosedur Pengujian Densitas Nanofluida	26
3.4.4	Prosedur Pengujian Viskositas Nanofluida	27
3.4.5	Prosedur Pengujian Foto Sedimentasi	27
3.5	Desain Eksperimen	28
3.5.1	<i>Orthogonal Array</i> (OA)	28
3.6	Teknik Pengambilan Data	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Evaluasi Stabilitas Nanofluida	31
4.1.1	Evaluasi Stabilitas Nanofluida dengan Metode Sedimentasi	31
4.1.2	Evaluasi Stabilitas Nanofluida dengan Metode Sentrifugasi	32

4.2	Hasil Pengujian Viskositas Dinamik	33
4.2.1	Penghitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Viskositas.....	37
4.2.2	Penghitungan Nilai <i>Mean</i> Faktor SNR Viskositas	39
4.2.3	<i>Setting</i> Level Optimal Viskositas	40
4.2.4	Selang Kepercayaan Optimal Viskositas	41
4.2.5	Eksperimen Konfirmasi Viskositas	41
4.2.6	Nilai Viskositas Kinematik pada Suhu 50°C dan 93,5°C serta Nilai Indeks Viskositas	43
4.3	Hasil Pengujian Densitas.....	44
4.3.1	Penghitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Densitas	46
4.3.2	Penghitungan Nilai <i>Mean</i> Faktor SNR Densitas	48
4.3.3	<i>Setting</i> Level Optimal Densitas	49
4.3.4	Selang Kepercayaan Optimal Densitas	50
4.3.5	Eksperimen Konfirmasi Densitas	50
4.4	Hasil Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	51
4.4.1	Hasil Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dengan <i>FREE SOFTWARE IMAGE-J</i>	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN.....		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Nanopartikel Al ₂ O ₃ (Dokumentasi Pribadi)	8
Gambar 2. 2 <i>Multi Wall Carbon Nano Tube</i> (Dokumentasi Pribadi)	9
Gambar 2. 3 Aquades (Dokumentasi Pribadi)	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Diagram Proses Pembuatan Nanofluida.....	25
Gambar 4. 1 Sedimentasi Nanofluida 1–3 jam (Dokumentasi Pribadi)	31
Gambar 4. 2 Sedimentasi Nanofluida 4–7 jam (Dokumentasi Pribadi)	32
Gambar 4. 3 Sentrifugasi Sampel Nanofluida (Dokumentasi Pribadi)	33
Gambar 4. 4 Grafik Viskositas Dinamik	35
Gambar 4. 5 Grafik Interaction Plot Viskositas Dinamik	37
Gambar 4. 6 Grafik Respon Nilai Mean Viskositas.....	38
Gambar 4. 7 Grafik Respon Nilai SNR Viskositas	40
Gambar 4. 8 Perbandingan Selang Kepercayaan Viskositas	42
Gambar 4. 9 Grafik Densitas	45
Gambar 4. 10 Grafik Interaction Plot Densitas.....	46
Gambar 4. 11 Grafik Respon Nilai Mean Densitas.....	47
Gambar 4. 12 Grafik Respon Nilai SNR Densitas.....	49
Gambar 4. 13 Perbandingan Selang Kepercayaan Densitas	51
Gambar 4. 14 Pengamatan SEM pada Perbesaran 250X	52
Gambar 4. 15 Pengamatan SEM pada Perbesaran 500X	52
Gambar 4. 16 Pengamatan SEM pada Perbesaran 750X	52
Gambar 4. 17 Pengamatan SEM pada Perbesaran 1000X	53
Gambar 4. 18 Pengolahan Gambar SEM (Threshold)	54
Gambar 4. 19 Pengambilan Data Ukuran Nanopartikel.....	54
Gambar 4. 20 Grafik Analisis Distribusi Partikel	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakterisasi Bola.....	14
Tabel 2. 2 Studi Literatur.....	22
Tabel 3. 1 Alat Penelitian (Dokumentasi Pribadi)	24
Tabel 3. 2 Tabel Perbandingan Massa Nanopartikel	26
Tabel 3. 3 Kode Level Nilai Variabel	28
Tabel 3. 4 Matriks <i>Orthogonal Array</i> dan Distribusi Faktor.....	29
Tabel 3. 5 Data Pengujian Fluida.....	30
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Viskositas pada Suhu 28°C	34
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Viskositas pada Suhu 50°C	35
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Viskositas pada Suhu 93,5°C.....	35
Tabel 4. 4 Data Nilai <i>Mean</i> dan SNR Viskositas.....	37
Tabel 4. 5 Efek dari Rata-Rata Viskositas.....	38
Tabel 4. 6 Analisis Variansi Viskositas.....	39
Tabel 4. 7 Efek dari SNR Viskositas.....	40
Tabel 4. 8 <i>Setting</i> Level Optimal Viskositas	41
Tabel 4. 9 Eksperimen Konfirmasi Viskositas	42
Tabel 4. 10 Data Hasil Viskositas Kinematik dan Indeks Viskositas	43
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Densitas	45
Tabel 4. 12 Data Nilai <i>Mean</i> dan SNR Densitas	46
Tabel 4. 13 Efek dari Rata-Rata Densitas.....	47
Tabel 4. 14 Analisis Variansi Densitas	48
Tabel 4. 15 Efek dari SNR Densitas	48
Tabel 4. 16 <i>Setting</i> Level Optimal Densitas	49
Tabel 4. 17 Eksperimen Konfirmasi Densitas	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Penghitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Viskositas	63
Lampiran 2 Penghitungan Analisis Variansi Viskositas	63
Lampiran 3 Penghitungan Nilai <i>Mean</i> Faktor SNR Viskositas	65
Lampiran 4 Selang Kepercayaan Optimal Viskositas	66
Lampiran 5 Eksperimen Konfirmasi Viskositas	67
Lampiran 6 Penghitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Densitas	68
Lampiran 7 Penghitungan Analisis Variansi Densitas	68
Lampiran 8 Penghitungan Nilai <i>Mean</i> Faktor SNR Densitas	70
Lampiran 9 Selang Kepercayaan Optimal Densitas.....	71
Lampiran 10 Eksperimen Konfirmasi Densitas	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, biaya energi yang tinggi mendorong industri untuk menggunakan metode hemat energi semaksimal mungkin pada fasilitas mereka. Teknik peningkatan perpindahan panas merupakan salah satu metode terpenting untuk penghematan energi dalam berbagai proses. Pada beberapa dekade terakhir, penggunaan partikel padat didalam fluida konvensional telah dipertimbangkan untuk meningkatkan perpindahan panas. Meskipun dalam penerapannya, permasalahan seperti kontaminasi, sedimentasi, serta peningkatan dan penurunan tekanan mengurangi minat industri terhadap teknik perpindahan panas. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan signifikan pada teknologi nanomaterial telah memungkinkan untuk mengatasi masalah ini dengan cara menghasilkan partikel dalam ukuran nanometer. Penangguhan nanopartikel didalam fluida dasar menghasilkan kelas inovatif baru dari fluida, yang disebut juga dengan nanofluida. Nanofluida dapat memodifikasi kinerja perpindahan panas fluida, serta meningkatkan karakteristik seperti perpindahan massa dan sifat reologi fluida (Naraki, dkk., 2013).

Pada tahun 1995, Choi telah menemukan Nanofluida. Sejak saat itu, nanofluida telah banyak dipelajari dalam berbagai bidang, termasuk pada industri kimia, aplikasi biomedis, pendinginan elektronik, teknik lingkungan, dan pemulihan panas limbah. Situasi ini juga berlaku didalam tribologi. Penelitian tersebut telah membuktikan bahwa dispersi yang terjadi pada sejumlah kecil partikel padat berskala nano, dalam cairan dasar yang dikenal sebagai nanofluida (Kong, dkk., 2017).

Nanofluida merupakan suspensi nanopartikel (setidaknya terdapat satu dimensi kurang dari 100 nm) dari sebuah fluida dasar yang mempunyai sifat termal dan reologi yang dapat meningkatkan kinerja beberapa aplikasi seperti

perpindahan panas dan penambahan perolehan minyak. Terdapat hambatan kritis dari pemakaian nanofluida secara luas, yaitu stabilitasnya. Ketidakstabilan dari nanofluida menyebabkan penurunan performa sistem dengan berlalunya waktu. Menyelesaikan permasalahan stabilitas jangka panjang nanofluida yang dapat digunakan kembali merupakan syarat penting untuk penggunaan industri yang sukses. Telah diberikan perhatian khusus terhadap stabilitas nanofluida dalam berbagai aplikasi yaitu perpindahan panas, mikrofluida, dan peningkatan perolehan minyak. Penelitian dimasa yang akan datang mengenai permasalahan stabilitas yang berhubungan dengan nanofluida hibrida dan teknik stabilisasi hibrida akan semakin meningkatkan kegunaan dari nanofluida dalam sistem praktis yang tersebar secara luas (Chakraborty dan Panigrahi, 2020).

Selama beberapa dekade terakhir, penelitian mengenai nanofluida telah berkembang dengan sangat pesat. Walaupun dalam hasil yang dilaporkan masih terdapat beberapa inkonsistensi dan pemahaman yang kurang memadai mengenai mekanisme dari perpindahan panas pada nanofluida. Nanofluida telah menjadi fluida perpindahan panas yang menjanjikan dalam beberapa tahun terakhir. Baru-baru ini, para peneliti juga telah mencoba untuk menggunakan nanofluida jenis hibrida yang direkayasa dengan cara menanggukkan dua jenis nanopartikel yang berbeda, mulai dari bentuk campuran maupun dalam bentuk komposit. Ide untuk memakai nanofluida hibrida adalah untuk meningkatkan perpindahan panas serta karakteristik penurunan tekanan dengan menggunakan *trade-off* antara kelebihan dan kekurangan suspensi individu yang berkaitan dengan rasio aspek yang baik, jaringan termal yang lebih baik, serta efek sinergis dari nanomaterial. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hibridisasi yang benar dapat membuat nanofluida hibrida akan sangat menjanjikan untuk meningkatkan perpindahan panas, meskipun masih banyak penelitian yang perlu dilakukan dalam aspek karakterisasi, preparasi dan stabilitas, serta dalam pengaplikasian (Sarkar, dkk., 2015).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pada penelitian kali ini penulis mengambil tugas akhir/skripsi dengan judul Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano Al_2O_3 -MWCNT/Aquades pada Fraksi Volume 0,2%, 0,4%, 0,6%.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, peneliti dapat merumuskan sebuah masalah yaitu bagaimana mengevaluasi dan menganalisis karakteristik nanofluida berbasis Aquades sebagai fluida dasar dan nanopartikel hibrida Al_2O_3 + MWCNT melalui kombinasi sifat termofisik dan stabilitas dengan variasi fraksi volume 0,2%, 0,4%, 0,6% dan rasio hibrida nanopartikel 70%-30%, 50%-50%, dan 30%-70%.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Nanopartikel yang digunakan merupakan campuran hibrida antara Aluminium Oksida (Al_2O_3) dengan *Multi Wall Carbon Nano Tube* (MWCNT).
2. Fluida dasar yang digunakan adalah Air Murni (Aquades).
3. Fraksi volume yang digunakan yaitu 0,2%, 0,4%, dan 0,6%.
4. Rasio hibrida nanopartikel yang digunakan yaitu 70% Al_2O_3 - 30% MWCNT, 50% Al_2O_3 - 50% MWCNT, dan 30% Al_2O_3 - 70% MWCNT.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis struktur mikro dan komposisi nanopartikel hibrida Al_2O_3 + MWCNT menggunakan SEM.
2. Menganalisis dan memperoleh perbandingan massa nanopartikel dengan fluida dasar pada fraksi volume 0,2%, 0,4%, 0,6%.
3. Mengkarakterisasi sifat termofisik nanofluida berbasis Al_2O_3 -MWCNT/Aquades meliputi densitas dan viskositas, dan stabilitas nanofluida dengan menggunakan metode sentrifugasi dan foto sedimentasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari sifat termofisik, struktur mikro, komposisi, dan stabilitas nanofluida berbasis Aquades dan nanopartikel hibrida Aluminium Oksida + *Multi Wall Carbon Nano Tube*.
2. Mengetahui proses serta pembuatan pendingin mesin alternatif menggunakan nanofluida Aquades dan nanopartikel hibrida Al_2O_3 + MWCNT.
3. Sebagai bahan referensi untuk penelitian nanofluida menggunakan metode hibrida selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, M. (2017) 'Nanopartikel dengan gelasi ionik', *Jurnal Farmaka*, 15(1), pp. 45–52.
- Agus Mulyono, E.S.A. (2012) 'Otomatisasi Pengukuran Koefisien Viskositas Zat Cair Menggunakan Gelombang Ultrasonik', *Jurnal Neutrino*, 2(2), pp. 183–192. Available at: <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.1640>.
- Bahari, N.M., Che Mohamed Hussein, S.N. and Othman, N.H. (2021) 'Synthesis of Al₂O₃-SiO₂/water hybrid nanofluids and effects of surfactant toward dispersion and stability', *Particulate Science and Technology*, 39(7), pp. 844–858. Available at: <https://doi.org/10.1080/02726351.2020.1838015>.
- Barun, A. and Rukmana, E. (2015) 'Analisis Performansi Pada Heat Exchanger Jenis Shell And Tube Tipe BEM Dengan Menggunakan Perubahan Laju Aliran Massa Fluida Panas (Mh)', *Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), pp. 1–7.
- Bayuseno, S.O.W. dan (2014) 'Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan', *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 1(4), pp. 33–39.
- Chakraborty, S. and Panigrahi, P.K. (2020) 'Stability of nanofluid: A review', *Applied Thermal Engineering*, 174, p. 115259. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115259>.
- Che Sidik, N.A. et al. (2017) 'A review on preparation methods, stability and applications of hybrid nanofluids', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, pp. 1112–1122. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.221>.
- Djami, R.J. and Sunaryo, S. (2014) 'Metode PCR-TOPSIS untuk Optimasi Taguchi Multirespon', *Statistika*, Vol. 2, No(1), pp. 46–55.
- Firdausi, M.I.A.A. and Nurmalasari, M.D. (2017) 'Densitas dan Porositas Batuan', *Fisika Laboratorium*, (January 2017), pp. 1–3. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21184.89607>.
- Ginting, E.S. and Manurung, P. (2018) 'Nanosilika Berbasis Batu Apung', *Teori dan Aplikasi Fisika*, 06(02), pp. 209–218.
- Gupta, N.K., Tiwari, A.K. and Ghosh, S.K. (2018) Heat transfer mechanisms in heat pipes using nanofluids – A review, *Experimental Thermal and Fluid Science*. Elsevier Inc. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2017.08.013>.
- Hemmat Esfe, M., Taghavi Khalil Abad, A. and Fouladi, M. (2019) 'Effect of suspending optimized ratio of nano-additives MWCNT-Al₂O₃ on viscosity behavior of 5W50', *Journal of Molecular Liquids*, 285, pp. 572–585. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.04.043>.

- Iswari, S. and Pujiastuti, Y.A. (2017) 'Pengaruh Suhu Dan Waktu Operasi Pada Proses Destilasi Untuk the Effect of Temperature and Operation Time on the Process of Distillation for Aquades Processing in Faculty of Engineering University Mulawarman', *Jurnal Chemurgy*, 01(1), pp. 31–35.
- Jama, M. et al. (2016) 'Critical Review on Nanofluids: Preparation, Characterization, and Applications', *Journal of Nanomaterials*, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1155/2016/6717624>.
- Kasyfurrahman. (2021). Analisa Parameter Proses Untuk Sambungan Dissimilar Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel dengan Metode Taguchi.
- Kolo, M.M. (2016) 'Sintesis nanopartikel aluminium oksida dengan metode elektrokimia', Institut Teknologi Sepuluh November, pp. 5–10.
- Kong, L., Sun, J. and Bao, Y. (2017) 'Preparation, characterization and tribological mechanism of nanofluids', *RSC Advances*, 7(21), pp. 12599–12609. Available at: <https://doi.org/10.1039/c6ra28243a>.
- Kurniawan, C., Waluyo, T.B. and Perdamean Sebayang (2011) 'Analisis Ukuran Partikel Menggunakan Free Software Image-J', *Seminar Nasional Fisika*, (Juli 2011), pp. 1–9. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/215445822>.
- Linawati, N.N. (2016) Karakteristik Kimia Pektin Kulit Pisang Embug (Musa Acuminata) dari Hasil Presipitasi Etanol Menggunakan Metode Sonikasi dan Sentrifugasi, *Journal of Visual Languages & Computing*.
- Minea, A.A. (2017) 'Hybrid nanofluids based on Al₂O₃, TiO₂ and SiO₂: Numerical evaluation of different approaches', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 104, pp. 852–860. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.09.012>.
- Mukesh Kumar, P.C., Palanisamy, K. and Vijayan, V. (2020) 'Stability analysis of heat transfer hybrid/water nanofluids', *Materials Today: Proceedings*, 21(xxxx), pp. 708–712. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.743>.
- Naraki, M. et al. (2013) 'Parametric study of overall heat transfer coefficient of CuO/water nanofluids in a car radiator', *International Journal of Thermal Sciences*, 66, pp. 82–90. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2012.11.013>.
- Rahman, M.R.A. et al. (2017) 'Numerical analysis of the forced convective heat transfer on Al₂O₃-Cu/water hybrid nanofluid', *Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung*, 53(5), pp. 1835–1842. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00231-016-1941-z>.
- Rohaeti, E. (2009) 'Karakterisasi Biodegradasi Polimer', *Prosiiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 47, pp. 248–257.
- Sarkar, J., Ghosh, P. and Adil, A. (2015) 'A review on hybrid nanofluids: Recent research, development and applications', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, pp. 164–177. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.023>.

- Setyadi, P. et al. (2021) 'Perancangan Multi Speed Centrifuge Sebagai Alat', *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat*, 2021, pp. 250–261.
- Siskayanti, R. and Kosim, M.E. (2018) 'Analisis Pengaruh Bahan Dasar Terhadap Indeks Viskositas Pelumas Berbagai Kekentalan', *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), p. 94. Available at: <https://doi.org/10.22146/jrekpros.31147>.
- Sudianto, A.S. (2020) 'Penggunaan Nanotube Carbon Multiwall Guna Meningkatkan Daya Dukung Tanah', pp. 1–4.
- Suhartini, M. and Rahmawati, D. (2009) 'Penambahan Lateks Karet Alam Kopolimer Radiasi Dan Peningkatan Indeks Viskositas Minyak Pelumas Sintetis Olahan', *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 11(1), pp. 10–14. Available at: <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=128750&val=4542>.
- Surtono, A. and Suciati, S.W. (2015) 'Sistem Pengukur Kecepatan Pada Viskometer Bola Jatuh Berbasis', *ResearchGate*, (September), pp. 0–10. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3464.7526>.
- Usmani, R. et al. (2021) 'Numerical investigation on natural convection of hybrid nanofluid Al₂O₃ – MWCNT/water inside a vertical annulus', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1146(1), p. 012018. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1146/1/012018>.
- Wuryandari, T., Widiharih, T. and Anggraini, S.D. (2012) 'Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial', *Media Statistika*, 2(2), pp. 81–92. Available at: <https://doi.org/10.14710/medstat.2.2.81-92>.
- Zainul, R. et al. (2020) 'Prototype dan disain elektrode berbasis multi-wall carbon nanotube (MWCNT) yang dimodifikais silikon parafin untuk sensor elektrokimia'.