

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA TiO₂ – MWCNT / AQUADES PADA FRAKSI
VOLUME 0.2%, 0.4%, 0.6%**



MUHAMMAD RAFI TAMA

03051281924046

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA TiO₂ – 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
MUHAMMAD RAFI TAMA
03051281924046**

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

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA TiO₂ – MWCNT / AQUADES PADA FRAKSI
VOLUME 0.2%, 0.4%, 0.6%**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

MUHAMMAD RAFI TAMA

03051281924046



Irsyadl Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Palembang, November 2023

**Diperiksa dan disetujui
Pembimbing Skripsi**



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

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Agenda No. : 029 / TM / AK / 2023
Diterima Tanggal : 21 November 2023
Paraf :



SKRIPSI

NAMA : MUHAMMAD RAFI TAMA
NIM : 03051281924046
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK
DAN STABILITAS NANOFLUIDA TiO₂
MWCNT / AQUADES PADA FRAKSI
VOLUME 0.2%, 0.4%, 0.6%
DIBUAT TANGGAL : JULI 2022
SELESAI : NOVEMBER 2023

Mengesahkan
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Palembang, November 2023
Diperiksa dan disetujui
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 NANOFLUIDA TiO_2 – 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 Agustus 2023

Palembang, September 2023

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

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

NIP 197112251997021001

Sekretaris :

M. A. Ade Saputra, S.T., M.T.

NIP 198711302019031006

Anggota :

Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP 19810510200501005

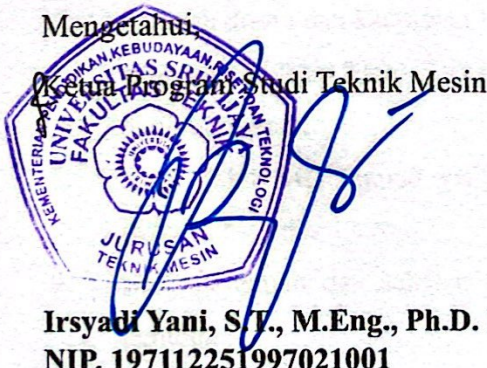
(.....)

(.....)

(.....)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

Diperiksa dan disetujui Oleh
Pembimbing Skripsi

(.....)

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS NANOFLUIDA TiO₂ – MWCNT / AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0.2%, 0.4%, 0.6%”.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini kepada:

1. Rustam Effendi S.E., M.M dan Rachmawati S.E 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. IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Agung Mataram, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Muhammad Raqi Tama S.Tr.Stat yang telah memberi dukungan baik materi maupun mental.
8. Rafa Zahir Muhammad yang telah menghibur penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
9. Seluruh teman dan sahabat yang telah memberikan dukukangan kepada penulis.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini

kedepannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 16 November 2023



Muhammad Rafi Tama
NIM. 03051281924046

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafi Tama

NIM : 03051281924046

Judul : KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA TiO_2 – 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.

Palembang, 18 November 2023



Muhammad Rafi Tama
NIM. 03051281924046

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafi Tama

NIM : 03051281924046

Judul : KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA TiO_2 – 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.



Palembang, November 2023



Muhammad Rafi Tama
NIM. 03051281924046

RINGKASAN

KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS NANOFLUIDA TiO₂-MWCNT/AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0,2%, 0,4%, 0,6%

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 03 November 2023

Muhammad Rafi Tama ; Dibimbing oleh Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D

xxxi + 75 halaman, 24 tabel, 30 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 Titanium dioksida (TiO₂) dan Multi-Walled Carbon Nanotube (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 TiO₂ - 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 : TiO₂-MWCNT, nanofluida, ANOVA

Kepustakaan : 37 (1995-2023)

SUMMARY

CHARACTERIZATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF TiO₂-MWCNT/AQUADES NANOFLUIDS AT VOLUME FRACTIONS OF 0.2%, 0.4%, 0.6%

Scientific Writing in the form of a thesis, 03 November 2023

Muhammad Rafi Tama; Supervised by Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D

xxxii + 75 pages, 24 tables, 30 figures

SUMMARY

Nanofluids are mixtures between nano-sized particles and basic fluids with at least one dimension less than 100 nm. The addition of nanoparticles to the base fluid will change the characteristic properties of the basic fluid. The nanofluid preparation process is one of the important parameters to determine the quality of the nanofluid. The nanofluidic preparation process includes the use of the number of volume fractions, the ratio mixture of nanoparticles to be used, the stirring time, and the time duration of the ultrasonic system. In each parameter using 3 levels. In volume fractions, the 3 levels to be used are 0.2%, 0.4%, and 0.6%. In nanoparticle ratios it is 70%-30%, 50%-50%, and 30%-70%. In stirring time is 30, 60, as well as 90 minutes. In the ultrasonic system time duration is 60, 90, as well as 120 min. By using existing parameters and factor levels, it is impossible for researchers to conduct full research, therefore the author will use the Taguchi method in order to determine the optimal parameters and factor levels in nanofluids. The nanofluid preparation process begins by mixing a mixture of nanoparticles between TiO₂ and MWCNT with the basic fluid, Aquades, and then stirred using a magnetic stirrer. After that, the nanofluids are inserted into the device with an ultrasonic system in order to break the agglomeration. The density value of the nanofluids uses a pycnometer. After that, testing of viscosity is also carried out using a falling ball viscometer, where the working principle is to

observe the time needed by the ball to fall at a predetermined point. Furthermore, the results of the density and viscosity data will be carried out statistical calculations using the Taguchi method to determine the optimal level setting of the nanofluidic. Then, statistical analysis of variance (ANOVA) calculations were carried out to determine parameters that have a significant or insignificant influence on the density and viscosity of TiO₂ nanofluids - MWCNT / Aquades. After determining the optimal level setting in nanofluidics, the nanofluids are prepared again using the optimal level setting. Furthermore, the optimal sample is carried out scanning electron microscopy (SEM) test to analyze the size, shape, and distribution of particles. The results of the SEM test show that the shape of the particles has a dense, smooth, and irregular structure with different levels of agglomeration. Then, observations continued using image-J software to obtain the size and distribution of the particles.

Keywords : TiO₂-MWCNT, nanofluids, ANOVA

Literatures : 37 (1995-2023)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL	xxvii
DAFTAR RUMUS	xxix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxxii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Nanofluida	5
2.2 Nanoteknologi	5
2.3 Nano Partikel	6
2.3.1 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	6
2.3.2 Multi – Walled Carbon Nanotubes (MWCNT).....	7
2.4 Aquades (Air Murni)	8
2.5 Sifat Termofisik.....	9
2.6 Densitas	9

2.7	Viskositas	10
2.7.1	Viskometer Bola Jatuh (<i>Viscometer Falling Ball</i>).....	10
2.8	Sedimentasi	11
2.9	Sentrifugasi	11
2.10	<i>Centrifuge</i>	12
2.11	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	12
2.12	Metode Taguchi	13
2.12.1	<i>Signal to Noise Ratio</i>	14
2.12.2	<i>Analysis Number of Variance (ANOVA)</i>	14
2.13	Interval Kepercayaan	17
2.14	Review Penelitian Sebelumnya.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Prosedur Penelitian	25
3.2	Bahan dan Alat.....	26
3.2.1	Bahan	26
3.2.2	Alat.....	27
3.3	Preparasi Nanofluida Berbasis TiO ₂ – MWCNT/Aquades	31
3.3.1	Desain Eksperimen	31
3.3.2	<i>Orthogonal Array (OA)</i>	32
3.3.3	Perhitungan Massa Nanopartikel	32
3.4	Pengujian Densitas	34
3.5	Pengujian Viskositas	35
3.6	Pengujian Foto Sedimentasi.....	35
3.7	Pengujian Sentrifugasi	35
3.8	Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	36
3.9	Analisa dan Data Penelitian	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Hasil Pengujian Sifat Termofisik Nanofluida Berbasis TiO ₂ – MWCNT/Aquades	39
4.1.1	Hasil Pengujian Densitas	39
4.2.1	Hasil Pengujian Viskositas	40

4.2	Evaluasi Stabilitas Nanofluida Berbasis TiO ₂ – MWCNT/Aquades dengan Metode Foto Sedimentasi dan Foto Sentrifugasi	43
4.2.1	Evaluasi Stabilitas Nanofluida Berbasis TiO ₂ – MWCNT/Aquades dengan Metode Foto Sedimentasi	43
4.2.2	Evaluasi Stabilitas Nanofluida Berbasis TiO ₂ – MWCNT/Aquades dengan Metode Foto Sentrifugasi.....	45
4.3	<i>Setting Level</i> Terbaik dari Faktor - Faktor yang Berpengaruh terhadap Densitas dan viskositas dengan Metode Taguchi	46
4.3.1	<i>Setting Level</i> Optimal Densitas	46
4.3.1.1	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Densitas	46
4.3.1.2	Perhitungan Nilai Respons <i>Mean</i> dan SNR pada Setiap Faktor dan Level Faktor Densitas.....	47
4.3.1.3	Perhitungan <i>Analysis Number of Variance</i> (ANOVA) Densitas...	48
4.3.1.4	Interval Kepercayaan Pada Nilai <i>Mean</i> Optimal Densitas	49
4.3.1.5	Interval Eksperimen Validasi Densitas	49
4.3.1.6	<i>Interaction Plot</i> Densitas	51
4.3.2	<i>Setting Level</i> Optimal Viskositas	52
4.3.2.1	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Viskositas	52
4.3.2.2	Perhitungan Nilai Respons <i>Mean</i> dan SNR Pada Setiap Faktor dan Level Faktor Viskositas.....	53
4.3.2.3	Perhitungan <i>Analysis Number of Variance</i> (ANOVA) Viskositas	54
4.3.2.4	Interval Kepercayaan Pada Nilai <i>Mean</i> Optimal Viskositas	54
4.3.2.5	Interval Eksperimen Validasi Viskositas.....	55
4.3.2.6	<i>Interaction Plot</i> Viskositas	56
4.4	Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Uji SEM dan Menghitung Diameter Partikel Menggunakan <i>Image-J</i>	57
4.4.1	Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Uji SEM	57
4.4.2	Hasil Analisa Partikel dengan <i>Software Image - J</i>	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Titanium Dioksida (TiO_2)	7
Gambar 2.2 Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNT)	8
Gambar 2.3 Aquades (Air Murni)	8
Gambar 3.1 Diagram Prosedur Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Gelas Ukur (500mL)	27
Gambar 3.3 <i>Magnetic Stirrer</i> RE 85-2.....	27
Gambar 3.4 Piknometer	28
Gambar 3.5 <i>Scanning electron microscopy</i> (Zeiss Evo Series)	28
Gambar 3.6 Timbangan Analitik Dj203A.....	29
Gambar 3.7 <i>Ultrasonic Cleaner</i> BAKU BK -1200.....	29
Gambar 3.8 <i>Centrifuge</i> GL-06	30
Gambar 3.9 Viskometer <i>Falling Ball</i> KF20.....	30
Gambar 3.10 Proses Preparasi Nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades	31
Gambar 4.1 Grafik hasil mean densitas	40
Gambar 4.2 Perbandingan nilai viskositas pada temperatur 28 °C, 50 °C, 93.5 °C	42
Gambar 4.3 Foto sedimentasi nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades setelah preparasi	43
Gambar 4.4 Foto sedimentasi nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades setelah 7 hari	43
Gambar 4.5 Foto sedimentasi nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades setelah 14 hari	44
Gambar 4.6 Foto sedimentasi nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades setelah 21 hari	44
Gambar 4.7 Foto sedimentasi nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades setelah 30 hari	44
Gambar 4.8 Foto sentrifugasi nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades	45
Gambar 4.9 Grafik nilai respon mean dan SNR densitas.....	48
Gambar 4.10 Perbandingan selang kepercayaan pada densitas	50
Gambar 4.11 Interaction plot densitas	51
Gambar 4.12 Nilai respons mean dan SNR viskositas.....	53

Gambar 4. 13 Perbandingan selang kepercayaan pada viskositas.....	56
Gambar 4.14 Interaction plot viskositas	56
Gambar 4.15 Hasil pengamatan SEM dari nanofluida TiO ₂ –MWCNT/Aquades dengan perbesaran 1000 X	57
Gambar 4.16 Hasil pengolahan gambar SEM dengan image – j.....	58
Gambar 4.17 Hasil persebaran nanopartikel.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Literatur	18
Tabel 3.1 Spesifikasi TiO ₂	26
Tabel 3.2 Spesifikasi MWCNT	27
Tabel 3.3 Faktor kontrol dan variasi level eksperimen	31
Tabel 3.4 Matriks orthogonal array dan distribusi faktor	32
Tabel 3.5 Massa nanopartikel TiO ₂ pada fraksi volume 0.2 %, 0.4%, 0.6%	33
Tabel 3.6 Massa nanopartikel MWCNT Pada fraksi volume 0.2 %, 0.4%, 0.6%	33
Tabel 3.7 Perbandingan massa nanopartikel dengan rasio TiO ₂ : MWCNT sebesar 70% : 30%, 50% : 50%, 30% : 70%	34
Tabel 3.8 Data pengujian	36
Tabel 4.1 Tabel hasil pengujian dan perhitungan densitas.	39
Tabel 4.2 Nilai viskositas pada temperatur 28°C, 50 °C, dan 93.5 °C.....	41
Tabel 4.3 Tabel mean dan SNR densitas	47
Tabel 4.4 Nilai respons mean densitas	47
Tabel 4.5 nilai respon SNR densitas	48
Tabel 4.6 Nilai ANOVA densitas	49
Tabel 4.7 Tabel hasil eksperimen validasi densitas	50
Tabel 4.8 Tabel mean dan SNR viskositas.....	52
Tabel 4. 9 nilai respons mean viskositas	53
Tabel 4.10 nilai respons SNR viskositas.....	53
Tabel 4.11 Tabel ANOVA viskositas	54
Tabel 4. 12 Tabel hasil eksperimen validasi viskositas	55

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Densitas	10
Rumus 2.2 Rumus Viskometer <i>Falling Ball</i>	11
Rumus 2.3 Rumus <i>Orthogonal Array</i>	14
Rumus 2.4 Rumus <i>Smaller is Better</i> SNR	15
Rumus 2.5 Rumus <i>Nominal is Better</i> SNR	15
Rumus 2.6 Rumus <i>Larger is Better</i> SNR.....	15
Rumus 2.7 Rumus <i>Mean</i>	16
Rumus 2.8 Rumus <i>Mean</i> Untuk Setiap Faktor	16
Rumus 2.9 Rumus <i>Sum Of Square</i>	16
Rumus 2.10 Rumus <i>Sum Square Due To Mean</i>	16
Rumus 2.11 Rumus <i>Sum Square Due To Factors</i>	16
Rumus 2.12 Rumus <i>Sum Square Due To Error</i>	16
Rumus 2.13 Rumus Derajat Bebas	16
Rumus 2.14 Rumus <i>Mean Sum Of Square</i>	16
Rumus 2.15 Rumus <i>F-Ratio</i>	16
Rumus 2.16 Rumus <i>Pure Sum Of Square</i>	16
Rumus 2.17 Interval Kepercayaan	17
Rumus 2.18 Percobaan Rata – Rata	17

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spesifikasi <i>Magnetic Stirrer</i> RE 85-2	67
Lampiran 2	Spesifikasi Timbangan Analitik Matrix Tipe Dj203A	67
Lampiran 3	<i>Ultrasonic Cleaner</i> BAKU BK – 1200	68
Lampiran 4	Spesifikasi Viskometer <i>Falling ball</i> KF20.....	68
Lampiran 5	Spesifikasi Bola Viskometer <i>Falling Ball</i>	68
Lampiran 6	Perhitungan Massa Nanopartikel Pada Fraksi Volume 0.2%.....	69
Lampiran 7	Perhitungan Massa Nanopartikel pada rasio 70%TiO ₂ – 30% MWCNT	70
Lampiran 8	Perhitungan Densitas	71
Lampiran 9	Perhitungan Viskositas	71
Lampiran 10	Perhitungan Analisis Viskositas	71
Lampiran 11	Perhitungan SNR Viskositas	73
Lampiran 12	Perhitungan <i>Setting Level</i> Optimal pada Viskositas.....	74
Lampiran 13	Perhitungan Nilai Konfirmasi Percobaan Viskositas	75
Lampiran 14	Tabel presentase distribusi 0.05	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pendinginan suatu mesin salah satu permasalahan yang dihadapi dalam bidang otomotif, karena panas yang berlebih dapat merusak komponen dari mesin itu sendiri. Sistem pendinginan (*cooling system*) adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk mengatasi terjadinya *over heating* pada mesin sehingga mesin dapat bekerja secara optimal. Sebagian besar sistem pendingin mesin otomotif terdiri dari radiator, pompa air, kipas pendingin, dan termostat (Amrutkar dkk., 2013).

Radiator merupakan salah satu komponen penting pada bidang otomotif yang digunakan sebagai pendingin. Radiator mempunyai mekanisme kerja yang melibatkan perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Panas pada radiator dikeluarkan mesin untuk menghindari kerusakan elemen – elemen pada mesin yang dikarenakan panas yang berlebih (Gakare dkk., 2019). Maka, diperlukan cairan pendingin yang dapat meningkatkan laju perpindahan panas pada mesin. Umumnya, air dan etilen glikol yang sering digunakan sebagai cairan pendingin, namun keduanya memiliki konduktivitas termal yang rendah. Oleh karena itu, nanofluida hadir sebagai pendingin yang ideal karena memiliki konduktivitas termal tinggi (Al-Araji dkk., 2021).

Pada tahun 1995 Choi menemukan cairan yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi yaitu nanofluida. Sejak saat itu, nanofluida telah banyak dipelajari di berbagai bidang, termasuk pada industri kimia, aplikasi biomedis, pendinginan, teknik lingkungan, dan pemulihan panas limbah (Kong dkk., 2017). Nanofluida merupakan gabungan dari nano partikel dan fluida dasar yang didalamnya terdapat partikel berskala nano dengan ukuran 1-100 nm yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Konduktivitas termal yang tinggi dari fluida dasar merupakan hal yang diharapkan pada nanofluida sehingga dapat meningkatkan laju perpindahan kalor (Chakraborty dkk., 2020).

Umumnya, penggunaan nanofluida bertujuan untuk meningkatkan kualitas fluida tersebut dibandingkan dengan fluida dasarnya. Penambahan nanopartikel, variasi dalam fraksi volumenya, durasi pengadukan nanofluida dengan *magnetic stirrer*, dan waktu sonikasi dengan *ultrasonic cleaner* tentu saja akan mengubah sifat termofisik serta stabilitas nanofluida. Berdasarkan dari beberapa penelitian sebelumnya, Berbagai faktor seperti fraksi volume partikel nano, rasio partikel, bentuk partikel, suhu, morfologi permukaan partikel, serta tingkat keasaman (pH) dapat mempengaruhi peningkatan konduktivitas termal nanofluida (Urmi dkk., 2020). Penambahan fraksi volume, konsentrasi nanopartikel serta temperatur berpengaruh terhadap nilai dari viskositas (Wanatasanapan dkk., 2020). Fraksi volume dapat mempengaruhi hasil dari sifat termofisik yang meliputi densitas dan viskositas nanofluida (Oemar dkk., 2023). Banyaknya faktor yang dapat atau tidak dapat dikendalikan mendorong penulis untuk menggunakan Metode Taguchi untuk menentukan parameter yang optimal dan menentukan stabilitas dari nanofluida TiO_2 - MWCNT/Aquades. Oleh sebab itu, penulis mencoba mengevaluasi stabilitas dan menganalisa sifat termofisik nanofluida TiO_2 - MWCNT/Aquades dengan menggunakan metode taguchi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana stabilitas nanofluida berbasis TiO_2 – MWCNT/Aquades dengan metode foto sedimentasi dan foto sentrifugasi?
2. Bagaimana sifat termofisik nanofluida berbasis TiO_2 – MWCNT/Aquades?
3. Bagaimana *setting level* terbaik yang berpengaruh terhadap sifat termofisik nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades dengan menggunakan metode Taguchi?
4. Bagaimana hasil pengamatan struktur mikro yang terdapat dalam nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Nanopartikel yang diterapkan adalah campuran hybrid TiO_2 dan MWCNT.
2. Fluida dasar yang diterapkan adalah air murni atau aquades.
3. Fraksi volume dibagi menjadi tiga level 0.2%, 0.4%, dan 0.6%.
4. Rasio nanopartikel dibagi menjadi tiga level 70% TiO_2 dan 30% MWCNT, 50% TiO_2 dan 50% MWCNT, serta 30% TiO_2 dan 70% MWCNT.
5. Proses pembuatan nanofluida dilakukan dengan pendekatan satu langkah (*single-step*).
6. Identifikasi faktor kontrol yang memengaruhi densitas dan viskositas, menggunakan *Analisis Number of Varians* (ANOVA).

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan sifat termofisik nanofluida berbasis TiO_2 – MWCNT/ Aquades yang meliputi pengujian densitas dan viskositas.
2. Mengamati stabilitas nanofluida berbasis TiO_2 – MWCNT/Aquades dengan menggunakan metode foto sedimentasi dan foto sentrifugasi.
3. Menentukan *setting level* terbaik yang berpengaruh terhadap sifat termofisik nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades dengan menggunakan metode Taguchi.
4. Melakukan pengamatan struktur mikro dari nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades dengan melakukan uji SEM.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memahami prosedur dan langkah-langkah dalam pembuatan pendingin yang memanfaatkan nanofluida TiO_2 - MWCNT dengan basis aquades.

4

2. Mempelajari sifat termofisik, struktur mikro, dan stabilitas nanofluida TiO_2 – MWCNT/Aquades.
3. Sebagai rujukan untuk penelitian nanofluida selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, M. (2017). Nanopartikel Dengan Gelasi Ionik Farmaka; 15 (1): 45-52. 15, 45–52.
- Akhgar, A., & Toghraie, D. (2018). An experimental study on the stability and thermal conductivity of water-ethylene glycol/TiO₂-MWCNTs hybrid nanofluid: Developing a new correlation. *Powder Technology*, 338, 806–818. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.07.086>
- Al-Araji, K. M., Hachim, D. M., & M A, A. (2021). Nano-Fluids as a Coolant for Automotive Engine Radiators: Review Study. *Al-Furat Journal of Innovations in Mechanical and Sustainable Energy Engineering*, 1(2), 64. <https://doi.org/10.52262/130221-05>
- Ali, N., Teixeira, J. A., & Addali, A. (2018). A Review on Nanofluids: Fabrication, Stability, and Thermophysical Properties. *Journal of Nanomaterials*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6978130>
- Alim, M. I., Firdausi, A., & Nurmalasari, M. D. (2017). Densitas dan Porositas Batuan. *Fisika Laboratorium*, January, 1–3. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21184.89607>
- Amira Othman, S. (2020). Potensi Nanoteknologi (Nanotechnology Potential) Quasinormal modes View project research on glycolipids View project. <https://doi.org/10.30880/ahcs.2020.01.01.008>
- Amrutkar, P. S., & Patil, S. R. (2013). Automotive Radiator Performance – Review. 3, 563–565.
- Asadi, A., Alarifi, I. M., & Foong, L. K. (2020). An experimental study on characterization, stability and dynamic viscosity of CuO-TiO₂/water hybrid nanofluid. *Journal of Molecular Liquids*, 307. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.112987>
- Boldoo, T., Ham, J., & Cho, H. (2019). Comparison study on photo-thermal energy conversion performance of functionalized and non-functionalized MWCNT nanofluid. *Energies*, 12(19), 1–17. <https://doi.org/10.3390/en12193763>
- Chakraborty, S., & Panigrahi, P. K. (2020). Stability of nanofluid: A review. *Applied Thermal Engineering*, 174, 115259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115259>
- Choi, S. U. S., Eastman, J. A., & Eastman, J. A. (1995). Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles. In *JAM* (Vol. 1).
- Durry Darojatul Aula, Nasir Widha Setyanto, R. Y. (2013). setting level. 114–121.
- Gakare, A., Sharma, A., & Saxena, G. (2019). Review on Recent Automotive Experimental Applications of Nano Coolants. *Journal of Nanoscience, Nanoengineering & Applications*, 9(1), 1–10.
- Halimah, P., & Ekawati, Y. (2020). Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. *XY Malang. JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 13(1), 13–26.

- <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1694>
- Husnul Khotimah, Erika Wulan Anggraeni, A. S. (2017). Karakterisasi Hasil Pengolahan Air Menggunakan Alat DestilasI. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 01(Mi), 5–24.
- Irawansyah, H., Ramadhan, N., Yasmina, R., & Siswanto, R. (2018). Model Prediksi Sifat Termofisik Fluida Nano TiO₂/Air Raksa Prediction Model on Thermophysical Properties of TiO₂/Mercury Nanofluid. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 3(April), 267–270.
- Kong, L., Sun, J., & Bao, Y. (2017). Preparation, characterization and tribological mechanism of nanofluids. *RSC Advances*, 7(21), 12599–12609. <https://doi.org/10.1039/c6ra28243a>
- Linawati, N. N. (2016). Karakteristik Kimia Pektin Kulit Pisang Embug (Musa Acuminata) dari Hasil Presipitasi Etanol Menggunakan Metode Sonikasi dan Sentrifugasi. In *Journal of Visual Languages & Computing* (Vol. 11, Issue 3).
- Mane, N., & Hemadri, V. (2021). Study of the effect of preparation parameters on thermal conductivity of metal oxide nanofluids using Taguchi method. *Journal of Energy Systems*, 149–164. <https://doi.org/10.30521/jes.872530>
- Nekere, M. L., & Singh, A. P. (2012). Optimization of Aluminium Blank Sand Casting Process by Using Taguchi's Robust Design Method. *International Journal for Quality Research*, 6(1), 81–97.
- Oemar, B., Arifin, A., Bahrin, D., Astuti, Ramadhan, D., Rifqy, M. A., & Tinambunan, M. R. (2023). Experimental Investigation on Thermophysical and Stability Properties of TiO₂/Virgin Coconut Oil Nanofluids. *Science and Technology Indonesia*, 8(2), 178–183. <https://doi.org/10.26554/sti.2023.8.2.178-183>
- Pamungkas, A. B., & Cahyana, A. S. (2023). Uji Viskositas Penanganan Limbah B3 Liquid pada Oli Bekas Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 144–154. <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/jti/article/download/21812/8911>
- Pradecta, M. R. (2016). Studi Eksperimental Sifat Termofisik Fluida Nano TiO₂ /TermoXT-32. *National Symposium on Thermofluids VIII 2016*, 32 (Desember), 1–6.
- Putri, B. M. L., Putri, S. O., Muchtadi, F. I., & Mukhlis, F. (2015). Pembuatan Prototipe Viskometer Bola Jatuh Menggunakan Sensor Magnet dan Bola Magnet. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 5(2), 101. <https://doi.org/10.5614/joki.2013.5.2.6>
- Putri1), N. G., Heltina2), D., & Utama2, P. S. (2016). Aktivitas Fotodegradasi Fenol Dengan Variasi Suhu Degradasi Menggunakan Komposit TiO₂-Cnt(cocoPAS). 7, 1–23.
- Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Nandiyanto, A. B. D., & Mudzakir, A. (2014). Review : Sintesis Titanium Diokasida Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 15–29.
- Salam, R. (2017). Uji Kerapatan, Viskositas dan Tegangan Permukaan pada Tinta Print dengan Bahan dengan Bahan Dasar Arang Sabut Kelapa. *Jurnal Sains*, 1(1), 19–20.

- Septiadi, W. N., Sukadana, I. G. K., Astawa, K., Nyoman, N. P. I. A., Trisdadewi, T., & Iswari, G. A. (2017). Konduktivitas Termal Hybrid Nanofluid Al₂O₃ - TiO₂ -Air pada Fraksi Volume Rendah. Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VIII - 2017.
- Setyadi, P., Wayan, I. S., & Rekeyasa Keselamatan Kebakaran, S. J. (2021). Perancangan Multi Speed Centrifuge Sebagai Alat Pemisah Cairan. Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat, 2021. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm>
- Syukri, F. A., & Suyitno, B. M. (2022). Analisis Pengaruh Nanofluida Titanium Dioksida (TiO₂) Terhadap Kinerja Fluida Dasar Pada Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Panas Pipa Ganda. *Kalpika*, 19(1), 18–25. <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/kalpika/article/download/250/229>
- Thirumalvalavan, S., & Senthilkumar, N. (2019). Experimental investigation and optimization of hvof spray parameters on wear resistance behaviour of Ti-6AL-4V alloy. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare Des Sciences*, 72(5), 664–673. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2019.05.15>
- Urmi, W. T., Rahman, M. M., Hamzah, W. A. W., Kadirgama, K., Ramasamy, D., & Maleque, M. A. (2020). Experimental Investigation on the stability of 40% ethylene glycol based TiO₂-Al₂O₃ hybrid nanofluids. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 69(1), 110–121. <https://doi.org/10.37934/arfmts.69.1.110121>
- Urmi, W. T., Rahman, M. M., Hamzah, W. A. W., Kadirgama, K., Ramasamy, D., & Maleque, M. A. (2020). Experimental Investigation on the stability of 40% ethylene glycol based TiO₂-Al₂O₃ hybrid nanofluids. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 69(1), 110–121. <https://doi.org/10.37934/arfmts.69.1.110121>
- Wanatasanapan, V. V., Abdullah, M. Z., & Gunnasegaran, P. (2020). Effect of TiO₂-Al₂O₃ nanoparticle mixing ratio on the thermal conductivity, rheological properties, and dynamic viscosity of water-based hybrid nanofluid. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(6), 13781–13792. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.09.127>
- Wicaksono, N. M., Dananjaya, R. H., & Surjandari, N. S. (2017). Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Konsep Interval Kepercayaan Di Bukit Ganoman Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar. *Matriks Teknik Sipil*, 5(1), 103–109. <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/36944>
- Wijayanto, S. O., & A.P Bayuseno. (2013). 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), 33–39.
- Yan, S.-R., Kalbasi, R., Nguyen, Q., & Karimipour, A. (2020). Rheological behavior of hybrid MWCNT-TiO₂/EG nanofluid: A comprehensive modeling and experimental study. *Journal of Molecular Liquids*, 308, 113058. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113058>
- Zeinali Heris, S., Nasr Esfahany, M., & Etemad, S. G. (2007). Experimental investigation of convective heat transfer of al₂o₃/water nanofluid in circular tube. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 28(2), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2006.05.001>