

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN
STABILITAS FLUIDA NANO Al_2O_3 - TiO_2 /AQUADES
PADA FRAKSI VOLUME 0,2%,0,4%,0,6%**



IRVANDY

03051181823008

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN
STABILITAS FLUIDA NANO Al_2O_3 - TiO_2 /AQUADES
PADA FRAKSI VOLUME 0,2%,0,4%,0,6%**

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



Oleh

IRVANDY

03051181823008

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS FLUIDA NANO $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ /AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0,2% , 0,4% , 0,6%

SKRIPSI

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

Oleh:

IRVANDY

03051181823008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Indralaya, Januari 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the supervisor, Barlin.

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

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

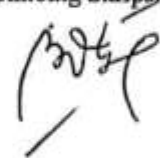
**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

NAMA : IRVANDY
NIM : 03051181823008
JURUSAN : TEKNIK MESIN
**JUDUL SKRIPSI : KARAKTERISASI SIFAT TERMO
FISIK DAN STABILITAS FLUIDA
NANO $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ /AQUADES PADA
FRAKSI VOLUME 0,2%, 0,4%, 0,6%**
DIBUAT TANGGAL : Februari 2022
SELESAI TANGGAL : Desember 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Indralaya, Juni 2022
Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul "KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS FLUIDA NANO $Al_2O_3-TiO_2$ /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.

Palembang, Januari 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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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 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 FLUIDA NANO $Al_2O_3-TiO_2/AQUADES$ PADA FRAKSI VOLUME 0,2%,0,4%,0,6%**”

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

1. Ayah Anwar dan Ibu Hestiana selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moril, bantuan, nasihat, serta materil.
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 Me-sin Universitas Sriwijaya.
4. Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Gunawan, S.T., M.T. Ph.D selaku Dosen pengarah Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

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.

Indralaya, 15 Januari 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, stylized lines that form a unique, somewhat abstract shape.

Irvandy

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Irvandy

NIM : 03051181823008

Judul : Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano Al_2O_3 -
 TiO_2 /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.

Indralaya, Januari 2023



Irvandy

NIM.03051181823008

HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Irvandy

Nim : 03051181823008

Judul : Karakterisasi Sifat Termofisik dan Stabilitas Fluida Nano Al_2O_3 -
 TiO_2 /Aquadess 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, saya buat pernyataan ini dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Januari 2023



Irvandy
NIM.03051181823008

RINGKASAN

KARAKTERISASI SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS FLUIDA
NANO $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ /AQUADES PADA FRAKSI VOLUME 0,2%, 0,4%, 0,6%
Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Januari 2023

Irvandy : Dibimbing oleh Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D
xxviii + 64 halaman, 24 tabel, 25 gambar

RINGKASAN

Nanofluida merupakan campuran antara material yang berukuran nano dan fluida dasar. Penambahan nanopartikel kedalam fluida dasar sudah pasti merubah sifat karakteristik dari fluida dasar tersebut. Pada penelitian sebelumnya ditunjukkan bahwa penggunaan nanopartikel $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ mampu meningkatkan koefisien perpindahan panas hingga 221%. Proses preparasi dari nanofluida merupakan salah satu parameter terpenting dalam menentukan kualitas dari nanofluida. Proses preparasi meliputi jumlah fraksi volume yang digunakan, campuran ratio nanopartikel yang digunakan, lama pengadukan, serta durasi dalam sistem ultrasonik. Pada tiap parameter ini juga disertai dengan 3 level. Pada fraksi volume 3 level yang digunakan yaitu 0,2%, 0,4%, dan 0,6%. Pada ratio nanopartikel 30%-70%, 50%-50%, dan 70%-30%. Pada durasi pengadukan yaitu 30, 60, dan 90 menit. Pada durasi ultrasonik yaitu 60, 90, dan 120 menit. Dengan jumlah parameter serta level yang ada tidak memungkinkan bagi peneliti untuk melakukan penelitian penuh sehingga penulis menggunakan metode taguchi untuk menemukan parameter optimal dari nanofluida. Proses preparasi dimulai dengan mencampur campuran nanopartikel $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ dan fluida dasar berupa aquades yang kemudian diaduk dalam pengaduk magnetik. Kemudian dimasukkan ke dalam alat *ultrasonic cleaner* untuk memecah aglomerasi yang ada. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap stabilitas ke-9 sampel nanofluida yang telah dipreparasi dengan metode sedimentasi dan

sentrifugasi. Selanjutnya, pengujian densitas untuk menemukan nilai massa jenis dari nanofluida dengan alat piknometer. Kemudian dilakukan pengujian viskositas dengan alat viskometer bola jatuh, yang mana prinsip kerjanya ialah mengamati waktu yang diperlukan oleh bola untuk jatuh pada titik yang telah ditentukan. Kemudian data dari densitas serta viskositas akan dikumpulkan yang kemudian dilakukan perhitungan statistik metode taguchi untuk menemukan *setting level* optimal dari nanofluida. Setelah itu, perhitungan statistik *analysis of variance* dilakukan dengan tujuan mengetahui parameter mana yang memiliki pengaruh signifikan maupun tidak signifikan terhadap densitas serta viskositas dari nanofluida Al₂O₃-TiO₂/Aquades. Setelah menemukan *setting level* optimal dari nanofluida, nanofluida kembali dipreparasi mengikuti *setting level* optimal yang ada yang kemudian sampel optimal ini dilakukan uji terhadap *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengamati bentuk, ukuran, serta distribusi partikel nano tersebut. Hasil dari SEM menunjukkan bentuk partikel berupa kubik serta didominasi oleh partikel dengan bentuk bulatan-bulatan kecil. Selanjutnya pengamatan dilakukan dengan software image-J untuk mendapatkan ukuran serta distribusi partikel nano tersebut.

Kata Kunci : Al₂O₃-TiO₂, Hybrid Nanofluida , ANOVA

SUMMARY

CHARACTERIZATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF AL₂O₃-TiO₂/AQUADES NANO FLUID IN 0.2%, 0.4%, 0.6% VOLUME FRACTION

Scientific Writing in the form of a thesis, January 2023

Irvandy : Supervised of Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D

xxviii + 64 pages, 24 tables, 25 figure

SUMMARY

Nanofluids is a mixture of nano-sized materials and basic fluids. The addition of nanoparticles into the base fluid certainly changes the characteristic properties of the base fluid. In previous studies it was shown that the use of Al₂O₃-TiO₂ nanoparticles can increase the heat transfer coefficient up to 221%. The preparation process of the nanofluid is one of the most important parameters in determining the quality of the nanofluid. The preparation process includes the number of volume fractions used, the mixed ratio of nanoparticles used, the duration of stirring, and the duration of the ultrasonic system. Each parameter is also accompanied by 3 levels. In the volume fraction, the 3 levels used are 0.2%, 0.4%, and 0.6%. At the ratio of nanoparticles 30% -70%, 50% -50%, and 70% -30%. The stirring duration was 30, 60 and 90 minutes. The ultrasonic duration is 60, 90 and 120 minutes. With the number of parameters and levels that exist, it is not possible for researchers to carry out full research, so the authors use the Taguchi method to find the optimal parameters of the nanofluid. The preparation process begins by mixing a mixture of Al₂O₃-TiO₂ nanoparticles and basic fluid in the form of distilled water which is then stirred in a magnetic stirrer. Then it is put into an ultrasonic cleaner tool to break down the existing agglomeration. Then an evaluation of the stability of the 9 nanofluid samples that had been

prepared by the sedimentation and centrifugation methods was carried out. Next, testing the density to find the density value of the nanofluid with a pycnometer. Then testing the viscosity with a falling ball viscometer, where the working principle is to observe the time needed for the ball to fall at a predetermined point. Then data from density and viscosity will be collected and then statistical calculations will be carried out using the Taguchi method to find the optimal setting level of the nanofluid. After that, statistical analysis of variance calculations carried out with the aim of knowing which parameters had a significant or insignificant effect on the density and viscosity of the Al₂O₃-TiO₂ /Aquades nanofluid. After finding the optimal level setting of the nanofluid, the nanofluid was again prepared following the existing optimal level setting. Then this optimal sample was tested against a scanning electron microscope (SEM) to observe the shape, size, and distribution of the nanoparticles. The results of the SEM show that the particle shape is cubic and is dominated by particles with small dots. Furthermore, observations were made with image-J software to obtain the size and distribution of the nanoparticles.

Keywords: Al₂O₃-TiO₂, Hybrid Nanofluid, ANOVA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS	xv
RINGKASAN	xvi
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL	xxviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Nanofluida	5
2.1.1 Nanoteknologi.....	6
2.1.2 Nanopartikel.....	6
2.1.3 <i>Hybrid</i> Nanofluida	7
2.1.4 Aplikasi Nanofluida.....	8
2.1.5 Aluminium Oksida(Al_2O_3).....	9
2.1.6 Titanium Dioksida (TiO_2).....	9
2.1.7 Air Murni (<i>Aquades</i>).....	10
2.1.8 Sedimentasi Nano Fluida	11
2.1.9 Sentrifugasi Nano Fluida	12
2.2 Preparasi Nanofluida	12

2.3	Viskositas	13
2.3.1	Viskositas Dinamik.....	14
2.3.2	Viskositas Kinematik.....	14
2.3.3	Viskometer Bola Jatuh.....	15
2.4	Densitas	16
2.5	Scanning Electrone Microscope	17
2.6	Metode Taguchi.....	18
2.6.1	Orthogonal Array.....	19
2.6.2	Signal to Noise Ratio	19
2.6.3	Analysis of Variance (ANOVA)	20
2.6.4	Selang Kepercayaan.....	22
2.7	Review Penelitian Terdahulu	23
BAB 3 METODE PENELITIAN		27
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2	Persiapan Bahan dan Alat.....	28
3.2.1	Bahan	28
3.2.2	Alat	28
3.3	Matriks Penelitian.....	29
3.4	Prosedur Penelitian	30
3.4.1	Proses Pembuatan Nanofluida	30
3.4.2	Proses Perhitungan Massa Nanopartikel	30
3.4.3	Karakterisasi Nanofluida <i>Aquades/Al₂O₃-TiO₂</i>	31
3.5	Analisa dan Pengolahan Data.....	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Pengujian Densitas	35
4.2	Hasil Pengujian Viskositas	36
4.2.1	Nilai Viskositas Kinematik Pada Suhu 50C dan 93.5C Serta Nilai Indeks Viskositas.....	40
4.3	Evaluasi Stabilitas Nanofluida	41
4.3.1	Evaluasi Stabilitas Nanofluida dengan Metode Sedimentasi....	41
4.3.2	Evaluasi Stabilitas Nanofluida dengan MetodeSentrifugasi	44
4.4	Metode Taguchi.....	45
4.4.1	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR pada Densitas.....	45

4.4.2	Perhitungan ANOVA Terhadap Nilai <i>Mean</i> Setiap Faktor dan Level Faktor dari Densitas	46
4.4.3	Perhitungan Nilai SNR Setiap Faktor dan Level Faktor dari Densitas.....	48
4.4.4	Interaction Plot for Densitas	49
4.4.5	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR pada Viskositas	50
4.4.6	Perhitungan ANOVA Terhadap Nilai <i>Mean</i> Setiap Faktor dan Level Faktor dari Densitas.....	51
4.4.7	Perhitungan Nilai SNR Setiap Faktor dan Level Faktor dari Densitas	53
4.4.8	<i>Interaction Plot</i> for Viskositas.....	54
4.4.9	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal Nanofluida	55
4.4.10	Selang Kepercayaan Kondisi Optimal Nanofluida.....	55
4.4.11	Eksperimen Validasi	55
4.5	Hasil Pengamatan <i>Scanning Electrone Microscope</i> (SEM)	57
4.5.1	Hasil Pengamatan Scanning Electrone Microscope dengan Software Image-J.....	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR RUJUKAN		65
LAMPIRAN		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Nanopartikel Al ₂ O ₃	9
Gambar 2. 2 Nanopartikel TiO ₂	10
Gambar 2. 3 Aquades	11
Gambar 2. 4 Perhitungan Analysis of Variance	21
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	27
Gambar 4. 1 Grafik densitas	36
Gambar 4. 2 Grafik viskositas	39
Gambar 4. 3 Foto sampel nanofluida 1-9 (2 menit setelah preparasi)	41
Gambar 4. 4 Foto sedimentasi sampel nanofluida (1– 4 minggu setelah preparasi)	42
Gambar 4. 5 Foto hasil sentrifugasi nanofluida	44
Gambar 4. 6 Response graph for mean Densitas	47
Gambar 4. 7 Response graph for SNR densitas	49
Gambar 4. 8 Interaction plot for densitas	50
Gambar 4. 9 Response graph for means viskositas	52
Gambar 4. 10 Response graph for SNR viskositas	54
Gambar 4. 11 Interaction plot for viskositas	54
Gambar 4. 12 Perbandingan Selang Kepercayaan	57
Gambar 4. 13 Pengamatan SEM pada perbesaran 500x	58
Gambar 4. 14 Pengamatan SEM pada perbesaran 750x	58
Gambar 4. 15 Pengamatan SEM pada perbesaran 1000x	59
Gambar 4. 16 Pengamatan SEM pada perbesaran 3000x	59
Gambar 4. 17 Pengubahan gambar SEM ke thresold	60
Gambar 4. 18 Pengambilan data diameter nanopartikel	61
Gambar 4. 19 Grafik analisa distribusi partikel	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis nanopartikel (Ramadhan dkk., 2021).....	7
Tabel 2. 2 Tabel karakterisasi bola (Gafarot, 1997)	16
Tabel 2. 3 Studi literatur	25
Tabel 3. 1 Alat penelitian.....	28
Tabel 3. 2 Tabel variabel dan variasi metode taguchi	29
Tabel 3. 3 Matrik orthogonal array dan distribusi faktor.....	30
Tabel 3. 4 Tabel perbandingan massa nanopartikel.....	31
Tabel 3. 5 Data pengujian	34
Tabel 4. 1 Hasil pengujian densitas	35
Tabel 4. 2 Data nilai viskositas pada suhu 28°C.....	37
Tabel 4. 3 Data nilai viskositas pada suhu 50°C	38
Tabel 4. 4 Data nilai viskositas pada suhu 93.5°C.....	38
Tabel 4. 5 Data viskositas kinematik dan indeks viskositas	40
Tabel 4. 6 Tabel mean dan SNR densitas	46
Tabel 4. 8 Tabel ANOVA densitas	47
Tabel 4. 9 Response table for SNR densitas (Larger is Better)	48
Tabel 4. 10 Tabel SNR dan mean viskositas	51
Tabel 4. 11 Response table for means viskositas.....	51
Tabel 4. 12 Tabel ANOVA viskositas	52
Tabel 4. 13 Response table for SNR viskositas	53
Tabel 4. 14 Setting level optimal dari nanofluida.....	55
Tabel 4. 16 Tabel hasil eksperimen validasi densitas	56
Tabel 4. 17 Tabel hasil eksperimen validasi viskositas	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan massa nanopartikel.....	71
Lampiran 2 Contoh perhitungan mean dan SNR pada densitas	77
Lampiran 3 Contoh perhitungan ANOVA densitas.....	77
Lampiran 4. Contoh Perhitungan Selang Kepercayaan Densitas	75
Lampiran 5. Perhitungan Selang Kepercayaan Validasi Densitas.....	78
Lampiran 6. Ftabel 0,05	79

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pendinginan suatu mesin merupakan salah satu tantangan yang selalu ada bagi dunia manufaktur *automobile* karena panas yang berlebih dapat menghancurkan suatu peralatan mesin. Penambahan jumlah radiator bukan merupakan gagasan yang tepat untuk menurunkan panas yang dihasilkan oleh mesin karena akan meningkatkan daya konsumsi bahan bakar.

Sebuah radiator memainkan peranan penting dalam kendaraan bermotor. Saat ini, air dan etilen glikol digunakan sebagai cairan pendingin yang mana campuran ini memiliki konduktivitas thermal yang rendah. Etilen glikol digunakan untuk meningkatkan titik didih dari cairan pendingin. Untuk menjadi lebih baik, cairan pendingin yang dibutuhkan dalam menjalankan proses heat transfer ialah cairan yang memiliki konduktivitas thermal yang tinggi untuk membantu kerja yang dilakukan oleh radiator sehingga dapat menghemat konsumsi daya bahan bakar (Gakare dkk., 2019).

Oleh karena itu, diperlukan suatu cairan pendingin yang dapat digunakan untuk meningkatkan laju perpindahan panas. Nano-fluida hadir sebagai pendingin yang ideal karena koefisien difusi panas tinggi yang dimiliki serta dapat ditambahkan hampir pada seluruh proses yang membutuhkan reaksi cepat terhadap performansi thermal (Al-Araji dkk., 2021).

Nano-fluida merupakan suspensi stabil yang didalamnya terdapat partikel berskala nano dengan ukuran 1-100 nm yang terdispersi di dalam fluida dasar (Judenta dkk., 2017). Nano-fluida dianggap sebagai fluida perpindahan panas yang lebih baik karena memiliki karakteristik thermal serta koefisien perpindahan panas yang lebih baik jika dibandingkan dengan fluida konvensional.

Nano-fluida merupakan suatu larutan yang terdiri dari nano-partikel dan fluida dasar. Pada umumnya, nano-partikel yang digunakan berasal dari logam, oksida logam, serta berbagai bentuk dari karbon. Nanofluida merupakan material yang didalamnya terdapat nano partikel. Penambahan partikel pada cairan dapat memperbaiki kandungan termal, elektrik, dan mekanik. Partikel nano yang berukuran kecil akan mampu meningkatkan daya tahan isolasi dan degradasi minyak transformator sehingga lebih mudah terurai oleh mikroorganisme (Manab dkk., 2018).

Nano-coolant dipertimbangkan sebagai alternatif serta cairan pendingin generasi yang baru untuk mentransfer energi panas dan dapat digunakan sebagai cairan pendingin pada suatu alat penukar kalor (Saxena & Soni, 2018). *Nanocoolant* dapat diaplikasikan pada radiator dalam otomotif, pemanas tenaga surya, refrigasi, proses industri kimia, serta pendinginan terhadap peralatan elektronik.

Pada umumnya, tujuan penggunaan nanofluida ialah untuk mencapai kualitas fluida yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan fluida dasar biasa. Penambahan partikel nano, variasi pada fraksi volume, durasi proses pengadukan nanofluida dengan *magnetic stirrer*, serta *sonication time* dengan *ultrasonic cleaner* sudah pasti merubah sifat termofisik serta stabilitas dari nanofluida. Banyaknya faktor yang dapat dikontrol serta tidak dapat dikontrol menyebabkan penulis menggunakan Metode Taguchi untuk menentukan kondisi yang baik agar mendapatkan nilai yang optimal. Oleh karena itu, penulis mencoba menganalisis karakterisasi sifat termofisik dan stabilitas fluida nano $Al_2O_3-TiO_2/Aquades$ menggunakan Metode Taguchi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dengan banyaknya parameter yang dapat mempengaruhi sifat termofisik serta stabilitas dari nanofluida seperti salah satu contohnya yaitu fraksi volume. Maka penulis dapat merumuskan masalah yaitu menemukan level parameter optimal dari nanofluida serta menganalisis sifat termofisik dan stabilitas pada penggunaan nano partikel *Hybrid* $Al_2O_3+TiO_2$

dengan penambahan fluida dasar berupa *Aquades* dengan variasi volume fraksi yang digunakan adalah 0,2%, 0,4%, dan 0,6% menggunakan metode Taguchi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nanopartikel yang digunakan adalah *Hybrid* Al_2O_3 dan TiO_2 .
2. Fluida dasar yang digunakan adalah air murni/*aquades*.
3. Fraksi volume yang digunakan yaitu 0,2%, 0,4%, dan 0,6%.
4. Ratio nanopartikel yang digunakan yaitu 70% Al_2O_3 -30% TiO_2 , 50% Al_2O_3 -50% TiO_2 , dan 30% Al_2O_3 -70% TiO_2 .
5. Menggunakan analisis data *Analysis of Variance (ANOVA)*.
6. Proses preparasi nanofluida menggunakan metode *single-step*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkarakterisasi sifat termofisik nanofluida berbasis *Aquades*/ Al_2O_3 - TiO_2 berupa viskositas dinamik dan densitas.
2. Mengkarakterisasi stabilitas nanofluida dengan metode sedimentasi dan sentrifugasi.
3. Mengidentifikasi struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat nanocoolant berbasis nanofluida *Aquades*/ Al_2O_3 - TiO_2 .
2. Mempelajari sifat termofisik, struktur mikro, serta stabilitas nanofluida *Aquades*/ Al_2O_3 - TiO_2 .

4

3. Menjadi referensi untuk penelitian nanofluida dengan metode *single-step*.

DAFTAR RUJUKAN

- Adani, S. I., & Pujiastuti, Y. A. (2018). Pengaruh Suhu dan Waktu Operasi pada Proses Destilasi untuk Pengolahan Aquades di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. *Jurnal Chemurgy*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.30872/cmg.v1i1.1137>
- Adhika, D. R., Anindya, A. L., Tanuwijaya, V. V., & Rachmawati, H. (2019). Teknik Pengamatan Sampel Biologi Dan Non-Konduktif Menggunakan Scanning Electron Microscopy. 53–58. <https://doi.org/10.5614/sniko.2018.9>
- 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, A. R. I., & Salam, B. (2020). A review on nanofluid: preparation, stability, thermophysical properties, heat transfer characteristics and application. *SN Applied Sciences*, 2(10), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03427-1>
- 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>
- 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>
- Awais, M., Ullah, N., Ahmad, J., Sikandar, F., Ehsan, M. M., Salehin, S., & Bhuiyan, A. A. (2021). Heat transfer and pressure drop performance of

Nanofluid: A state-of-the-art review. *International Journal of Thermofluids*, 9, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2021.100065>

Baghban, A., Jalali, A., Shafiee, M., Ahmadi, M. H., & Chau, K. wing. (2019). Developing an ANFIS-based swarm concept model for estimating the relative viscosity of nanofluids. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 13(1), 26–39. <https://doi.org/10.1080/19942060.2018.1542345>

Bernad, L. F. (2019). Analisis Mesin Penghasil Aquades Menggunakan Mesin Siklus Kompresi Uap Dengan Pengaruh Putaran Kipas Sebelum Evaporator. Skripsi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 6.

Cimbala, M. J. (2014). Taguchi Orthogonal Arrays. *Instrumentation, Measurements, and Statistics*, September, 4–6. https://www.mne.psu.edu/me345/Lectures/Taguchi_orthogonal_arrays.pdf

Dagdevir, T., & Ozceyhan, V. (2021). Optimization of process parameters in terms of stabilization and thermal conductivity on water based TiO₂ nanofluid preparation by using Taguchi method and Grey relation analysis. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 120(xxxx), 105047. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.105047>

Dr. Vladimir, V. F. (2019). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.

Dwistika, R. (2018). Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-VIS Dan Particle Size Analyzer (PSA). Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta, 1–76.

Gafarot, J. J. B. (1997). *Instruction Manual Falling Ball Viscometer C*. Fungilab, 24.

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.

Gupta, N. K., Tiwari, A. K., & Ghosh, S. K. (2018). Heat transfer mechanisms in heat pipes using nanofluids – A review. In *Experimental Thermal and Fluid Science* (Vol. 90). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2017.08.013>

Harahap, Y. (2012). Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan dengan Variasi Asam. 1–86.

Istiqomah, D. S., Kirom, M. R., & Syarif, D. G. (2016). Sintesis AL₂O₃ Nanopartikel dari Bahan Biji Bauksit Untuk Aplikasi Pada model Radiator. *E-Proceeding of Engineering*, 3(2), 2108–2115.

Judenta, K. M., Ratnawulan, & Syarif, D. G. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Al₂O₃ dengan Metoda Sol Gel menggunakan Pengkelat Ekstrak Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) untuk Aplikasi Nanofluida. *Pillar of Physics*, 10, 39–46.

Kasyfurrahman. (2021). Analisa Parameter Proses Untuk Sambungan Dissimilar Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel dengan Metode Taguchi.

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>

Mahbubul, I. M., Saidur, R., & Amalina, M. A. (2019). Thermal conductivity, viscosity and density of R141b refrigerant based nanofluid. *Procedia Engineering*, 56, 310–315. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.124>

Manab, A., Aulia, A., Putra Waldi, E., Kodrat, M., & Widia, G. (2018). Pengaruh Penuaan Elektrik Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus dan PDIV Minyak NanoNynas. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.25077/jnte.v7n1.522.2018>

- Mane, N. S., & Hemadri, V. (2021). Study of the effect of preparation parameters on thermal conductivity of metal oxide nanofluids using Taguchi method. *Journal of Energy Systems*, 5(2), 149–164. <https://doi.org/10.30521/jes.872530>
- Mansyla. (2018). Modul I Massa Jenis. 1–8.
- Martien, R., Adhyatmika, Irianto, I. D. K., Farida, V., & Sari, D. P. (2012). Technology Developments Nanoparticles as Drug. *Majalah Farmaseutik*, 8(1), 133–144.
- Mehrali, M., Sadeghinezhad, E., Rosen, M. A., Akhiani, A. R., Tahan Latibari, S., Mehrali, M., & Metselaar, H. S. C. (2018). Heat transfer and entropy generation for laminar forced convection flow of graphene nanoplatelets nanofluids in a horizontal tube. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 66, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2015.05.007>
- Mukesh Kumar, P. C., Palanisamy, K., & Vijayan, V. (2020). Stability analysis of heat transfer hybrid/water nanofluids. *Materials Today: Proceedings*, 21(xxxx), 708–712. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.743>
- Octariani, I., Virgantari, F., & Wijayanti, H. (2021). Metode Taguchi Dalam Analisis Pengendalian Kualitas Produk Furniture. *Interval : Jurnal Ilmiah Matematika*, 1(2), 50–61. <https://doi.org/10.33751/interval.v1i2.4556>
- Okello, J. A., Mutuku, W. N., & Oyem, A. O. (2020). Analysis of Ethylene Glycol (EG)-based ((Cu-Al₂O₃), (Cu-TiO₂), (TiO₂-Al₂O₃)) Hybrid Nanofluids for Optimal Car Radiator Coolant. *Journal of Engineering Research and Reports*, 17(2), 34–50. <https://doi.org/10.9734/jerr/2020/v17i217186>
- Paulus Wisnu Anggoro. (2019). Paulus, Wisnu Anggoro. 6, 105–118.
- Prasetya, C., Rahman, A., & Efranto, R. Y. (2013). Design of Experiments on New Mix Design of Concrete Block Composed of Lapindo Mud and Fly

- Ash Using Taguchi Method. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri (JRMSI)*, 1(1), 57–65.
- Putri, B. M. L., Putri, S. O., Muchtadi, F. I., & Mukhlis, F. (2019). 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>
- Ramadhan, A. I., Basri, H., Diniardi, E., & Almanda, D. (2021). Aplikasi Hibrida Nanofluida Di Sistem Pendingin Kendaraan.
- Ridhawati, & Fajar, H. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida dengan Bioreduktor Ekstrak Kayu Manis (*Cinnamomum sp.*). 2017, 101–104.
- 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.
- Saxena, G., & Soni, P. (2018). Nano Coolants for Automotive Applications : A Review. *A Journal of Nanotechnology and Its Applications*, 20(1), 8–22.
- Septiadi, W. N., Astawa, K., & Tamba, F. Y. M. (2019). Fenomena Pendidihan Sumbu Kapiler Pipa Kalor berbasis Sintered Powder Tembaga pada Fluida Kerja Hybrid Nanofluida Al₂O₃-TiO₂-H₂O. ... *Engineering Perhotelan X*, 2019, 353–359. https://ucs.unud.ac.id/userfiles/file_prosiding/ef075bf0ab8d41e8206ef2d3c30a5070.pdf
- Sheremet, M. A. (2021). Applications of nanofluids. In *Nanomaterials* (Vol. 11, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/nano11071716>
- Souder, J., & Gopalakrishnan, B. (2021). Simple Application of Nano Technology-A Review Simple Application of Nano Technology- A Review. November.

- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. (2017). Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1), 44. <https://doi.org/10.17146/jfn.2015.9.1.3563>
- 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>
- Wicaksono, R. H., Teknik, J., Universitas, M., & Volume, L. A. (2020). Variasi jarak nozel terhadap perubahan putaran turbin pelton. 1–5.
- Zhang, H., Qing, S., Zhai, Y., Zhang, X., & Zhang, A. (2021). The changes induced by pH in TiO₂/water nanofluids: Stability, thermophysical properties and thermal performance. *Powder Technology*, 377, 748–759. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.09.004>), pp. 404–407