

SKRIPSI

**ANALISA SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA Al_2O_3 – MWCNT / AQUADES PADA
FRAKSI VOLUME 2%, 4%, 6%**



**ERZA IZZATA
03051381924112**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**ANALISA SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA Al_2O_3 – MWCNT / AQUADES PADA
FRAKSI VOLUME 2%, 4%, 6%**

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



OLEH

ERZA IZZATA

03051381924112

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS
NANOFLUIDA Al_2O_3 – MWCNT / AQUADES PADA
FRAKSI VOLUME 2%, 4%, 6%

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

ERZA IZZATA

03051381924112

Palembang, 19 November 2024

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197909272003121004

Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 198106302006041001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 43/TM/Ak/2024
Diterima Tanggal : 8 Januari 2025
Paraf : 

SKRIPSI

NAMA : ERZA IZZATA
NIM : 03051381924112
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISA SIFAT TERMOFISIK
DAN STABILITAS NANOFLUIDA
Al₂O₃-MWCNT/AQUADES PADA
FRAKSI VOLUME 2%, 4%, 6%

DIBUAT TANGGAL : Juli 2022
SELESAI : Desember 2024

Palembang, 11 Desember 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin


Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197909272003121004

Diperiksa dan disetujui Oleh

Pembimbing Skripsi



Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 198106302006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisa Sifat Termofisik Dan Stabilitas Nano Fluida Al_2O_3 – MWCNT / Aquades Pada Fraksi Volume 2%, 4%, 6%” telah dipertahankan di hadapan Tim penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Desember 2024

Palembang, 11 Desember 2024

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

Dr. Dendy Adanta, S.Pd., M.T., IPP.

NIP. 199306052019031016

Anggota :

Aneka Firdaus, S.T., M.T.

NIP. 197502261999031001

Gunawan, S.T., M.T.

NIP. 197705072001121001

Dr. H. Ismail Thamrin, S.T., M.T.

NIP. 197209021997021001

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

Diperiksa dan disetujui Oleh
Pembimbing Skripsi



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Sidang Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisa Sifat Termofisik Dan Stabilitas Nanofluida $Al_2O_3 - MWCNT / Aquades$ Pada Fraksi Volume 2%, 4%, 6%”.

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam proses penyelesaian Skripsi ini. Terima kasih kepada yang terhormat :

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan kepada penulis.
2. Kedua Orang Tua serta keluarga yang selalu memberi *support* kepada penulis serta doa yang tulus untuk penulis.
3. Bapak Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas.
4. Bapak Dr. Dendy Adanta, S.Pd., M.T., IPP. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya., Dan sekaligus Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mendidik, dan memotivasi penulis sampai dengan skripsi ini selesai.
6. Seluruh dosen dan karyawan serta teman-teman 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.

Palembang, 11 Desember 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Erza Izzata', with a long horizontal stroke extending to the right.

Erza Izzata

NIM. 03051381924112

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Erza Izzata

NIM : 03051381924112

Judul : Analisa Sifat Termofisik Dan Stabilitas Nanofluida Al_2O_3 – MWCNT
/ *Aquades* Pada Fraksi Volume 2%, 4%, 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, 11 Desember 2024



Erza Izzata

NIM. 03051381924112

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :Erza Izzata

NIM : 03051381924112

Judul : Analisa Sifat Termofisik Dan Stabilitas Nanofluida Al_2O_3 – MWCNT
/ *Aquades* Pada Fraksi Volume 2%, 4%, 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, 11 Desember 2024



Erza Izzata

NIM. 03051381924112

RINGKASAN

ANALISA SIFAT TERMOFISIK DAN STABILITAS NANOFLUIDA
 Al_2O_3 – MWCNT / *AQUADES* PADA FRAKSI VOLUME 2%, 4%, 6%

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 15 November 2024

Erza Izzata, dibimbing oleh Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D, xxix + 67 Halaman,
24 Tabel, 27 Gambar, 2 Lampiran

Nano fluida merupakan campuran dari partikel yang memiliki ukuran nano dan fluida dasar dengan ukuran kurang dari 100 nm. Penambahan Nano partikel kedalam fluida dasar dapat merubah karakteristik fluida dasar tersebut. Proses preparasi nano fluida merupakan bagian penting untuk menentukan kualitas dari nano fluida tersebut. Proses ini mencakup penggunaan jumlah fraksi volume, campuran rasio nano partikel yang akan digunakan pada waktu pengadukan, dan durasi waktu sistem ultrasonik. Setiap parameter menggunakan 3 level, pada fraksi volume yaitu 2%, 4%, 6%. Pada rasio nano partikel yaitu 70%-30%, 50%-50%, 30%-70%. Dalam waktu pengadukan yaitu 60, 90, dan 120 menit. Dengan menggunakan parameter dan level faktor yang sudah ada, peneliti tidak mungkin untuk melakukan penelitian penuh, dalam penelitian ini penulis menggunakan metode taguchi untuk menentukan parameter dan level faktor optimal pada nano fluida. Proses nano fluida dapat dilakukan dengan mencampurkan nano partikel alumunia oksida (Al_2O_3), dan Multi-Walled Carbon Nanotube (MWCNT) dengan fluida dasar yaitu Aquades, kemudian diaduk menggunakan alat magnetic stirrer. Setelah itu nanofluida dimasukkan kedalam alat menggunakan sistem ultrasonik. Setelah itu dilakukan evaluasi terhadap stabilitas pada 9 sampel nano fluida yang telah dipreparasi menggunakan metode sedimentasi dan sentrifugasi. Setelah itu dilakukan pengujian densitas untuk mendapatkan nilai massa jenis pada nano

fluida tersebut menggunakan alat piknometer. Kemudian dilakukan pengujian viskositas dengan menggunakan alat viskometer bola jatuh, prinsip kerja alat ini dengan cara mengamati waktu yang dibutuhkan bola untuk jatuh pada titik yang telah ditetapkan. Selanjutnya, hasil data dari pengujian densitas dan viskositas tersebut dilakukan perhitungan statistik menggunakan metode taguchi untuk menentukan setting level optimal nanofluida tersebut. Setelah itu perhitungan statistik analysis of variance (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui parameter yang memiliki pengaruh signifikan pada densitas dan viskositas nano fluida Al_2O_3 - MWCNT / Aquades. Setelah menentukan setting level optimal pada nano fluida, kemudian nano fluida tersebut dipreparasi kembali menggunakan setting level optimal. Setelah itu sampel optimal tersebut dilakukan pengujian dengan alat scanning electron microscopy (SEM) guna menganalisa ukuran, bentuk, dan distribusi partikelnya. Hasil dari pengujian SEM menunjukkan bentuk partikel memiliki struktur yang padat halus, dan tidak beraturan. Selanjutnya pengamatan dilakukan menggunakan Software image-J untuk mendapatkan ukuran dan distribusi dari partikel tersebut.

Kata Kunci : Nano fluida, Al_2O_3 -MWCNT, SEM, ANOVA

SUMMARY

ANALYSIS OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF Al_2O_3 – MWCNT / AQUADES NANOFLUID AT VOLUME FRACTIONS 2%, 4%, 6%

Scientific writing in the form of a thesis Undergraduate, November 15 2024

Erza Izzata, supervised by Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D, xxix + 67 Pages, 24 Tables, 27 Figures, 2 Attachments

Nanofluid is a mixture of particles that have nano size and basic fluid with a size of less than 100 nm. Adding nano particles to the base fluid can change the characteristics of the base fluid. Nanofluid preparation process is an important part of determining the quality of the nanofluid. This process includes the use of volume fractions, the mixture ratio of nanoparticles to be used during stirring, and the duration of the ultrasonic system. Each parameter uses 3 levels, at volume fraction namely 2%, 4%, 6%. The nano particle ratio is 70%-30%, 50%-50%, 30%-70%. The mixing times are 60, 90, and 120 minutes. By using existing parameters and factor levels, it is impossible for researchers to carry out full research. In this study the authors used the Taguchi method to determine the optimal parameters and factor levels in nanofluids. The nanofluid process can be carried out by mixing aluminum oxide (Al_2O_3) nanoparticles and Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNT) with a base fluid, namely Aquades, then stirring using a magnetic stirrer. After that, the nanofluid is inserted into the tool using an ultrasonic system. After that, an evaluation of the stability of 9 nanofluid samples which had been prepared using sedimentation and centrifugation methods was carried out. After that, density testing was carried out to obtain the density value of the nanofluid using a pycnometer. Then a viscosity test was carried out using a falling ball

vilkometer. The working principle of this tool is to observe the time it takes for the ball to fall to a predetermined point. Next, the data results from the density and viscosity tests were carried out statistical calculations using the Taguchi method to determine the optimal level setting for the nanofluid. After that, statistical analysis of variance (ANOVA) calculations were carried out to determine the parameters that had a significant influence on the density and viscosity of the Al₂O₃- MWCNT / Aquades nanofluid. After determining the optimal level setting for the nanofluid, the nanofluid is then prepared again using the optimal level setting. After that, the optimal sample was tested using scanning electron microscopy (SEM) to analyze the size, shape and distribution of the particles. The results of SEM testing show that the particle shape has a dense, fine and irregular structure. Next, observations were carried out using image-J software to obtain the size and distribution of the particles.

Keywords: Nanofluid, Al₂O₃-MWCNT, SEM, ANOVA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
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 LAMPIRAN	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Nanofluida.....	5
2.2 Nano Teknologi.....	5
2.3 Nanofluida Hibrida.....	5
2.4 Nanopartikel.....	6

2.4.1	Aluminium Oksida	6
2.4.2	<i>Multi Wall Carbon Nano tube</i>	9
2.4.3	<i>Aquades</i>	10
2.5	Sintesis Nanofluida	11
2.6	Sedimentasi Nanofluida	12
2.7	Densitas	12
2.8	Viskositas	13
2.8.1	Viskometer Bola Jatuh (<i>Viscometer falling ball</i>)	14
2.9	Sentrifugasi.....	14
2.10	<i>Centifuge</i>	15
2.11	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	15
2.12	Metode Taguchi.....	15
2.13	Review Penelitian Sebelumnya.....	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Diagram Alir Penelitian	19
3.2	Persiapan Alat dan Bahan.....	20
3.3	Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1	Preparasi Nanofluida Berbasis Al ₂ O ₃ - MWCNT.....	21
3.3.2	Proses Perhitungan Massa Nanofluida	22
3.3.3	Pengujian Sifat Termofisik Nanofluida.....	24
3.4	Desain Eksperimen.....	25
3.4.1	<i>Orthogonal array (OA)</i>	26
3.5	Analisa dan Data Penelitian	27
3.6	Jadwal Pengujian.....	28
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Hasil Pengujian Sifat Termofisik Nanofluida Berbasis Al ₂ O ₃ –	

MWCNT/ <i>Aquades</i> Berupa Densitas Dan Viskositas	29
4.1.1 Hasil Pengujian Densitas.....	29
4.1.2 Hasil Pengujian Viskositas.....	31
4.2 Hasil Pengujian Stabilitas Nanofluida Berbasis Al ₂ O ₃ – MWCNT/ <i>Aquades</i> Dengan Metode Foto Sedimentasi dan Foto Sentrifugasi.....	33
4.2.1 Hasil Pengujian Stabilitas Nanofluida Berbasis Al ₂ O ₃ – MWCNT/ <i>Aquades</i> Dengan Metode Foto Sedimentasi.....	33
4.2.2 Hasil Pengujian Stabilitas Nanofluida Berbasis Al ₂ O ₃ – MWCNT/ <i>Aquades</i> Dengan Metode Foto Sentrifugasi.....	36
4.3 Menentukan Settingan Level Terbaik dari Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Hasil yang Optimal dengan Metode Taguchi.....	37
4.3.1 Menentukan Settingan Level Terbaik pada Densitas	37
4.3.2 Hasil <i>Analysis Number of Variance</i> (ANOVA) Pada Densitas.....	40
4.4 Menentukan Settingan Level Terbaik Pada Viskositas.....	43
4.4.1 Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR Pada Viskositas.....	44
4.4.2 Menghitung Nilai Respons <i>Mean</i> dan SNR (<i>Signal to Noise Ratio</i>) Pada Setiap Faktor dan Level Faktor Dari Viskositas.....	44
4.4.3 Hasil <i>Analysis Number of Variance</i> (ANOVA) Pada Viskositas....	46
4.4.4 Interval Kepercayaan Pada Nilai Optimal Pada Viskositas	47
4.4.5 Interval Eksperimen Validasi Pada Viskositas.....	47
4.4.6 <i>Interaction Plot</i> Viskositas.....	49
4.5 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Uji SEM dan Menghitung Diameter Partikel Menggunakan <i>Image-J</i>	49
4.5.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan uji SEM.....	50
4.5.2 Hasil Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) Dengan <i>Software Image-J</i>	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55

5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
	DAFTAR PUSTAKA.....	57
	DAFTAR LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Cairan Nano partikel Al_2O_3	8
Gambar 2.2 Serbuk Nanopartikel Multi Wall Carbon Nanotube	10
Gambar 4.2 Viskositas Nanofluida Pada Temperatur 28°C , 50°C , dan 93.5°C	37
Gambar 4.3 Sampel Setelah Preparasi	38
Gambar 4.4 Sedimentasi Sampel Nanofluida Setelah 1 Jam	38
Gambar 4.5 Sedimentasi Sampel Nanofluida Setelah 2 Jam	39
Gambar 4.6 Sedimentasi Sampel Nanofluida Setelah 3 Jam	39
Gambar 4.7 Sedimentasi Sampel Nanofluida Setelah 4 Jam	40
Gambar 4.8 Sedimentasi Sampel Nanofluida Setelah 5 Jam	40
Gambar 4.9 Foto <i>sentrifuge</i> nanofluida Al_2O_3 -MWCNT/ <i>Aquades</i>	42
Gambar 4.10 Grafik Nilai Respon Rata-Rata Densitas	44
Gambar 4.11 Nilai Respon SNR (<i>Signal to Noise Ratio</i>) Densitas	45
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Selang Kepercayaan Pada Densitas	47
Gambar 4.13 <i>Interaction Plot</i> Densitas	48
Gambar 4.14 Nilai respon Rata – Rata viskositas	50
Gambar 4.15 Grafik SNR (<i>signal to noise ratio</i>) Viskositas	51
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Selang kepercayaan pada viskositas	53
Gambar 4.17 <i>Interaction plot</i> viskositas	54
Gambar 4.18 Pengamatan sedimentasi SEM dengan perbesaran 15.000 X	56
Gambar 4.19 Pengamatan sedimentasi SEM dengan perbesaran 20.000 X	56
Gambar 4.20 Pengamatan sedimentasi SEM dengan perbesaran 25.000 X	57

Gambar 4.21 Pengaturan mode <i>thresh hold</i> pada 49,99%	58
Gambar 4.22 Pengaturan Mode <i>thresh hold</i> pada 49,99%	58
Gambar 4.23 Pengambilan data luas area Nano partikel.....	59
Gambar 4.24 Grafik Analisis jumlah Partikel	60
Gambar 4.25 Grafik Analisis Luas Partikel.....	60
Gambar 4.26 grafik analisis diameter partikel.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Fisik Alumina	10
Tabel 2.2 Sifat-Sifat Ternal Alumina	10
Tabel 3.1 Massa Nanofluida Al_2O_3	23
Tabel 3.2 Massa Nanofluida MWCNT	23
Tabel 3.3 Perbandingan Massa Nanopartikel.....	23
Tabel 3.4 Kode Level Nilai Variabel	31
Tabel 3.5 Matriks <i>orthogonal Array</i> dan Distribusi Faktor	32
Tabel 3.6 Data penelitian.....	33
Tabel 3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian	33
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Dan Perhitungan Densitas.....	38
Tabel 4.2 Tabel Hasil Perhitungan Viskositas Pada 28 C.....	39
Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan Viskositas Pada 50 C.....	40
Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan Viskositas Pada 93,3 C.....	40
Tabel 4.5 Tabel Mean Dan SNR Densitas Di Setiap Sampel	41
Tabel 4.6 Nilai Respons Mean Densitas	42
Tabel 4.7 Nilai Respon SNR (<i>Signal to Noise Ratio</i>) Densitas.....	42
Tabel 4.8 Nilai ANOVA Densitas.....	44
Tabel 4.9 Tabel Hasil Eksperimen Validasi Densitas	45
Tabel 4.10 Tabel Rata – Rata Dan SNR Viskositas	48
Tabel 4.11 Nilai Respon Mean Viskositas	48
Tabel 4.12 Tabel Nilai Respon SNR (<i>Signal to Noise Ratio</i>) Viskositas.....	49
Tabel 4.13 Tabel ANOVA Viskositas.....	50
Tabel 4.14 Tabel Hasil Eksperimen Validasi Viskositas	51
Tabel 4.15 Tabel Frekuensi Diameter Partikel	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pikhometer	61
Lampiran 2. Bola Jatuh	61
Lampiran 3. Lembar Konsultasi Tugas Akhir	62
Lampiran 4. Hasil Akhir Similaritas (Turnitin).....	63
Lampiran 5. Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme.....	65
Lampiran 6. Surat Keterangan Pengecekan Similaritas	66
Lampiran 7. Form Pengecekan Format Tugas Akhir	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri otomotif terus terlibat dalam karir kompetitif yang kuat untuk mendapatkan desain mesin terbaik dalam berbagai aspek (kinerja, konsumsi bahan bakar, estetika, keselamatan, dll.). Penukar panas berpendingin udara yang ditemukan dalam kendaraan (radiator, kondensor AC dan evaporator, pendingin udara pengisi daya, dll.) memiliki peran penting dan juga dalam desain modul *front end*-nya, yang juga memiliki dampak kuat pada perilaku aerodinamis mobil. Melihat tantangan-tantangan ini, proses optimasi wajib untuk mendapatkan kompromi desain terbaik antara kinerja, ukuran / bentuk dan berat.

Konsep pendingin inovatif ini memiliki karakteristik perpindahan panas yang unggul dibandingkan pendingin konvensional. Penelitian menunjukkan bahwa nanofluida memiliki sifat perpindahan panas yang superior, terutama dalam hal konduktivitas termal dan perpindahan panas konvektif. Eastman, Liu, Hwang, Yu, dan Mintsu melaporkan peningkatan signifikan konduktivitas termal nanofluida dibandingkan dengan pendingin konvensional. Dengan karakteristik ini, nanofluida menjanjikan aplikasi luas di industri, seperti perangkat penukar panas. Namun, tantangan utama meliputi stabilitas jangka panjang, peningkatan daya pemompaan, penurunan tekanan, kinerja dalam aliran turbulen, panas spesifik rendah, dan biaya produksi tinggi. Nanofluida sendiri adalah cairan berisi partikel berukuran 1–100 nm (nanopartikel) yang telah diusulkan Choi sebagai cara untuk meningkatkan konduktivitas termal, membuka peluang besar dalam bidang perpindahan panas. Dalam beberapa tahun terakhir, nanofluida semakin menarik perhatian peneliti dan industri (Nazar, 2016).

Aquades adalah air murni hasil distilasi (H_2O) yang hampir tidak mengandung mineral, berbeda dengan air mineral yang kaya akan mineral dan mudah menyerap partikel serta polutan. Selama siklusnya, air mineral melarutkan mineral, logam berat, dan mikroorganisme, sehingga memiliki komposisi yang berbeda signifikan dengan aquades (Laurensius, 2019).

Aluminium oksida (Al_2O_3) adalah oksida aluminium yang sering digunakan sebagai katalis dalam reaksi perengkahan, dengan kemampuan beroperasi pada suhu tinggi berkat luas permukaan besar dan titik leleh tinggi, yaitu $2318^\circ C$ (Puspitasari, 2018).

Multi-wall carbon nanotube (MWCNT) adalah struktur karbon berbentuk silinder dengan diameter nano, yang memiliki kekuatan tinggi, sifat keelektrikan unik, dan kemampuan penghantaran panas yang baik, menjadikannya bahan potensial dalam teknologi nano (Zainul, 2020).

Pendekatan kimia menggunakan metode "single step" atau teknologi basah ideal untuk pembentukan struktur nano pada berbagai material seperti logam, semikonduktor, dan non-logam. Nanochemistry memungkinkan kontrol permukaan nanopartikel yang presisi, menghasilkan struktur nano mono-disperse, dan nanofluida yang dihasilkan menunjukkan konduktivitas lebih baik dibandingkan metode "two-step" (Said, 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Bagaimana menganalisis sifat termofisik dan stabilitas nanofluida berbasis aquades sebagai fluida dasar dengan kombinasi nanopartikel Al_2O_3 -MWCNT melalui variasi:
 1. Fraksi volume 2%, 4%, 6%, dan
 2. Rasio nanopartikel 70%-30%, 50%-50%, dan 30%-70%.
2. Bagaimana menentukan pengaturan level optimal pada faktor-faktor

yang memengaruhi sifat termofisik dan stabilitas nanofluida, dengan menambahkan hybrid nanofluida berbasis aquades sebagai bahan dasar.

1.3 Batasan Masalah

batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nanopartikel yang digunakan terdiri dari kombinasi Al_2O_3 -MWCNT dengan rasio komposisi:
 - 70:30,
 - 50:50, dan
 - 30:70.
2. Fluida utama adalah aquades.
3. Metode two-step digunakan dalam proses pembuatan nanofluida.
4. Variasi fraksi volume nanopartikel adalah 2%, 4%, dan 6%, dengan komposisi rasio nanopartikel sesuai poin pertama.

1.4 Tujuan Penelitian

tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis stabilitas nanofluida berbasis aquades dengan nanopartikel Al_2O_3 -MWCNT, meliputi: Viskositas, Densitas, dan Stabilitas.
2. Mengidentifikasi struktur mikro, termasuk: Bentuk partikel (*particle shape*), Ukuran partikel (*particle size*), dan Distribusi ukuran partikel (*particle size distribution*).
3. Menganalisis sifat termofisik nanofluida berbasis *aquades* dengan nanopartikel Al_2O_3 -MWCNT, meliputi: Stabilitas nanofluida menggunakan metode sedimentasi, sentrifugasi, viskositas, dan

densitas, serta Evaluasi menggunakan metode Taguchi.

4. Menganalisis dan menentukan perbandingan massa nanopartikel dengan fluida dasar pada fraksi volume 2%, 4%, dan 6%.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami sifat termofisik, struktur mikro, komposisi, dan stabilitas nanofluida berbasis *aquades* dengan nanopartikel Aluminium Oksida (Al_2O_3) dan Multi-Wall Carbon Nanotube (MWCNT).
2. Mendalami proses pembuatan pendingin menggunakan kombinasi nanopartikel Al_2O_3 -MWCNT dan fluida dasar *aquades*.
3. Menyediakan referensi bagi penelitian lanjutan terkait nanofluida berbasis metode hibrida.

DAFTAR PUSTAKA

- Amira Othman, S. (2020). Potensi Nanoteknologi Nanotechnology Potential. Vol 1(1), Hal 87–100. <https://doi.org/10.30880/Ahcs.2020.01.01.008>
- F. B. Laurensius. (2019). Analisis Mesin Penghasil Aquades Menggunakan Mesin Siklus Kompresi Uap Dengan Pengaruh Putaran Kipas Sebelum Evaporator. Skripsi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Bahari, N. M., Che Mohamed Hussein, S. N., & Othman, N. H. (2021). Synthesis Of Al₂O₃–SiO₂/Water Hybrid Nanofluids And Effects Of Surfactant Toward Dispersion And Stability. Particulate Science And Technology, Vol 39(7), Hal 844–858.
- Hemmat Esfe, M., Taghavi Khalil Abad, A., & Fouladi, M. (2019). Effect Of Suspending Optimized Ratio Of Nano-Additives Mwcnt-Al₂O₃ On Viscosity Behavior Of 5w50. Journal Of Molecular Liquids, 285, 572–585. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.04.043>
- Hidayat, T. (2021). Analisis Hasil Nilai Viskositas Dengan Metode Pencampuran Kerosin Pada Aspal Murni Penetrasi 60/70 Dengan Menggunakan Saybolt Furol. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Irvandy. (2023). Karakterisasi Sifat Termofisik Dan Stabilitas Fluida Nano Al₂O₃-Mwcnt/Aquades Pada Fraksi Volume 0,2%, 0,4%, 0,6%. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Kong, L. (2017). Persiapan, Karakterisasi, Dan Mekanisme Tribologi Nanofluida. Dalam Rsc Advances. Vol. 7(21), Hal. 12599–12609.
- Mukesh Kumar, P. C., Palanisamy, K., & Vijayan, V. (2020). Stability Analysis Of Heat Transfer Hybrid/Water Nanofluids. Materials Today: Proceedings, 21, 708–712. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.743>
- Octaviani, K. (2009). Rekayasa Nanofluida Berbasis Al₂O₃ (Alumina) Sebagai

- Media Pendingin Pada Sistem Penukar Kalor. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Basri, H, Diniardi, E, Ramadhan Umar, A., Almanda, D. (2021). Studi Pengembangan Hibrida Nanofluida Untuk Aplikasi Di Bidang Teknik. Universitas Muhammadiyah Jakarta. Vol 13(2), Hal 237-246.
- Rahman, M. R. A., Leong, K. Y., Idris, A. C., Saad, M. R., & Anwar, M. (2017). Numerical Analysis Of The Forced Convective Heat Transfer On Al₂O₃-Cu/Water Hybrid Nanofluid. Heat And Mass Transfer/Waerme-Und Stoffuebertragung, Vol 53(5), Hal 1835-1842.
- Regina, O., Fisika, P., & Riau, U. (2018). Measurement Of Viscosity Uses An Alternative Viscometer Pengukuran Viskositas Menggunakan Viskometer Alternatif. Jurnal Geliga Sains, Vol 6(2), Hal 127-132.
- Said, Z., Sundar, L. S., Tiwari, A. K., Ali, H. M., Sheikholeslami, M., Bellos, E., & Babar, H. (2022). Recent Advances On The Fundamental Physical Phenomena Behind Stability, Dynamic Motion, Thermophysical Properties, Heat Transport, Applications, And Challenges Of Nanofluids. Dalam Physics Reports (Vol. 946, Hlm. 1-94). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2021.07.002>
- Supriyanto, A. (2015). Hukum Archimedes Menggunakan Sensor Fotodioda. Dalam Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika. Vol. 03(2), Hal 123-130.
- Usmani, R., Hussain, F., Khan, S., Khan, N., Khan, U., & Husain, S. (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), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1146/1/012018>
- Yulianti, E. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli). Vol 13(2), Hal 26-34.
- Zainul, R., Pd, S., Si, M., Md, I., Assoc, I., Norhayati, H., Guspatni, S., & Pd, M. A. (2020). Karya Cipta Judul Prototipe Dan Disain Elektroda Berbasis

Multi-Wall Carbon Nanotube (Mwcnt) Yang Dimodifikasi Silikon Parafin
Untuk Sensor Elektrokimia Pencipta : Universitas Negeri Padang.