

**Bidang Unggulan: Lahan Basah/ Material Maju**

**Kode>Nama Rumpun Ilmu: 431/Teknik Mesin**

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN  
FAKULTAS TEKNIK**

**KARAKTERISASI KONDUKTIFITAS TERMAL FLUIDA NANO  
TiO<sub>2</sub>/ AIR RAKSA**



**PENELITI**

**Dr. RACHMAT SUBAGYO, ST., MT/NIDN: 0005087604  
HERRY IRAWANSYAH, ST., M.Eng/NIDN: 0021029002**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
OKTOBER 2018**

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN PENELITIAN FAKULTAS TEKNIK UNLAM**

**Judul Penelitian** : **KARAKTERISASI KONDUKTIFITAS TERMAL FLUIDA  
NANO TiO<sub>2</sub>/ AIR RAKSA**

**Kode/Rumpun Bidang Ilmu: 431/Teknik Mesin**

**Ketua Peneliti**

- a. Nama Lengkap : Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T.
- b. NIDN : 0005087604
- c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- d. Program Studi : Teknik Mesin
- e. Nomor HP : 085299039485
- f. Email : rachmatsubagyo@ulm.ac.id

**Anggota Peneliti (Dosen)**

- a. Nama Lengkap : Herry Irawansyah, ST., M.Eng.
- b. NIDN : 0021029002
- c. Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

**Anggota Peneliti**

**(Mahasiswa 2 Jika ada)**

- a. Nama Lengkap : -
- b. NIM : -
- c. Perguruan Tinggi : -

**Lama penelitian**

**Keseluruhan** : **8 (delapan) bulan**

**Biaya Penelitian**

**Keseluruhan** : **Rp. 17.500.000**

**Biaya Tahun Berjalan** : - Diusulkan ke DIKTI Rp. –  
- Dana internal PT Rp. 17.500.000,-  
- *Inkind*

Menyetujui,  
**D e k a n ,**


Banjarmasin, 24 Oktober 2018

**Ketua Peneliti**

  
Dr. Eng. Yulian Firmana Arifin, ST., MT.  
NIP. 19750719 200003 1 001

  
Dr. Rachmat Subagyo, ST., MT.  
NIP 197608052008121001

Mengetahui,

  
Ketua,  
Prof. Dr. Ir. H. Danang Biyatmoko, M.Si  
NIP. 196805071993031020

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Target Luaran .....	2
<b>BAB II RENSTRA DAN PETA JALAN PENELITIAN PT</b> .....	4
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
3.1 Kajian Pustaka .....	6
3.2 Landasan Teori .....	7
3.3 Peta Jalan Penelitian .....	12
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	13
4.1 Alat dan Bahan .....	13
4.2 Persiapan Fluida Nano.....	13
4.3 Diagram Alir Penelitian.....	15
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	17
5.1 Scaning Electron Mikroskop .....	17
5.2 X-Ray Diffraction .....	18
5.3 Konduktivitas Termal Fluida Nano TiO <sub>2</sub> /Ethylene Glycol .....	19
5.4 Viskositas Fluida Nano TiO <sub>2</sub> /Etelyn Glycol.....	20
5.5 Densitas Fluida Nano TiO <sub>2</sub> /Etelyn Glycol.....	21

<b>BAB VI PENUTUP DAN KESIMPULAN .....</b>	<b>23</b>
6.1 Kesimpulan .....	23
6.2 Sarann .....	23

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## RINGKASAN

Seiring dengan perkembangan desain suatu produk yang ukurannya semakin kecil menyebabkan area luasan untuk perpindahan kalor pada media pendingin semakin berkurang, sementara fluida konvensional saat ini, seperti air, oli, dan *ethylene glycol* memiliki nilai koefisien perpindahan kalor yang rendah.

Ada berbagai cara untuk mengatasi masalah koefisien perpindahan kalor yang rendah ini sehingga meningkatkan kemampuan fluida dalam memindahkan kalor. Salah satu cara yang dianggap menarik adalah dengan cara meningkatkan nilai koefisien perpindahan kalor dengan menggunakan fluida nano, sehingga koefisien perpindahan kalor bisa meningkat dan efektif dibanding dengan penggunaan fluida pendingin konvensional.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan kesimpulan bahwa karakteristik konduktivitas termal fluida nano  $\text{TiO}_2$ /Ethylene Glycol mengalami peningkatan dengan penambahan partikel nano *Titanium Oxide* ( $\text{TiO}_2$ ) sehingga berpotensi untuk diaplikasikan sebagai fluida pemindah kalor yang lebih efektif dan efisien.

**Kata Kunci:** Karakterisasi, Konduktivitas termal, Fluida nano,  $\text{TiO}_2$

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan desain suatu produk yang ukurannya semakin kecil menyebabkan area luasan untuk perpindahan kalor pada media pendingin semakin berkurang, sementara fluida konvensional saat ini, seperti air, oli, dan *ethylene glycol* memiliki nilai koefisien perpindahan kalor yang rendah.

Ada berbagai cara untuk mengatasi masalah koefisien perpindahan kalor yang rendah ini sehingga meningkatkan kemampuan fluida dalam memindahkan kalor. Salah satu cara yang dianggap menarik adalah dengan cara meningkatkan nilai koefisien perpindahan kalor dengan menggunakan fluida nano, sehingga koefisien perpindahan kalor bisa meningkat dan efektif dibanding dengan penggunaan fluida pendingin konvensional.

Fluida nano adalah suatu campuran antara fluida pemindah kalor dengan suatu partikel padat yang berukuran nano atau yang disebut partikel nano. Ukuran partikel nano berkisar antara 1 nm – 100 nm. Pada tahun 1995, Choi memperkenalkan istilah fluida nano dalam dunia penelitian. Mereka meneliti penambahan variasi partikel metal dan *carbon nanotube* berukuran nano yang terdispersi pada beberapa fluida yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadi peningkatan nilai konduktivitas termal antara 10 % - 80 % dengan penambahan partikel nano 0,1 % sampai 10 %.

Berdasarkan *review* yang dilakukan oleh Haddad *et al* (2014) penelitian lebih banyak menggunakan partikel nano TiO<sub>2</sub> dengan fluida dasar air, sementara penggunaan partikel nano TiO<sub>2</sub> dengan fluida dasar Ethylene Glycol sepengetahuan penulis belum pernah diteliti sehingga perlu untuk melakukan penelitian partikel nano dan fluida ini untuk memperkaya khazanah ilmu pengetahuan tentang fluida nano dan penggunaannya pada alat penukar kalor. Dalam hal ini perlu kiranya melakukan penelitian mengenai sifat termofisik fluida

nano terutama nilai konduktivitas termal, viskositas, dan densitas dengan variasi temperatur dan volume konsentrasi partikel nano yang berbeda. Partikel nano  $\text{TiO}_2$  ini bisa didapat dari distributor bahan kimia dengan harga yang lebih terjangkau dibanding dengan jenis partikel nano lainnya sehingga memudahkan peneliti untuk memvariasikan dan mengetahui pengaruh konsentrasi partikel dan temperatur terhadap nilai sifat termofisiknya.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik konduktivitas termal fluida nano dengan fluida dasar Ethylene Glycol dengan penambahan partikel nano *Titanium Oxide* ( $\text{TiO}_2$ ) sebagai dasar acuan untuk penerapan di bidang *nanotechnology*.

## 1.3 Target Luaran

No.	Jenis Luaran				Indikator Capaian		
	Kategori	Sub Kategori	Wajib	Tambahan	TS <sup>1)</sup>	TS <sup>+1</sup>	TS <sup>+2</sup>
1.	Artikel ilmiah dimuat di jurnal <sup>2)</sup>	Internasional bereputasi	-	Tidak ada			
		Nasional Terakreditasi	draft	-	1		
		Nasional tidak terakreditasi	-	-			
2.	Artikel ilmiah Dimuat di prosiding <sup>3)</sup>	Internasional Terindeks	Tidak ada				
		Nasional	Tidak ada				
3.	<i>Invited speaker</i> dalam temu ilmiah <sup>4)</sup>	Internasional	Tidak ada				
		Nasional	Tidak ada				
4.	<i>Visiting Lecturer</i> <sup>5)</sup>	Internasional	Tidak ada				
5.	Hak Kekayaan Intelektual (HKI) <sup>6)</sup>	Paten	Tidak ada				
		Paten sederhana	Tidak ada				
		Hak cipta	Tidak ada				
		Merek dagang	Tidak ada				
		Rahasia dagang	Tidak ada				
		Desain produk industri	Tidak ada				

		Indikasi Geografis	Tidak ada				
		Perlindungan Varietas Tanaman	Tidak ada				
		Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu	Tidak ada				
6.	Teknologi Tepat Guna <sup>7)</sup>		Tidak ada				
7.	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/ Rekayasa Sosial <sup>8)</sup>		Tidak ada				
8.	Bahan Ajar <sup>9)</sup>		Tidak ada				
9.	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) <sup>10)</sup>		Tidak ada				

1) TS = Tahun sekarang (tahun pertama penelitian)

2) Isi dengan tidak ada, draf, submitted, reviewed, *accepted*, atau *published*

3) Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

4) Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

5) Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

6) Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau *granted*

7) Isi dengan tidak ada, draf, produk, atau penerapan

8) Isi dengan tidak ada, draf, produk, atau penerapan

9) Isi dengan tidak ada, draf, atau proses *editing*, atau sudah terbit

10) Isi dengan skala 1-9 dengan mengacu pada Lampiran A



## BAB II

### RENSTRA DAN PETA JALAN PENELITIAN PERGURUAN TINGGI

Mengacu pada arah pengembangan ULM, tahap 2016-2020 ini diarahkan pada tersedianya Sumber Daya Unggul dalam bidang lingkungan lahan basah, sebelum pada akhirnya sampai pada tahapan Unlam sebagai Pusat Unggulan Pengembangan Lahan Basah Nasional (2019-2023) dan tahapan Unlam sebagai Pusat Pengembangan Lahan Basah Asia-Pasifik. Strategi yang dikembangkan disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tahap dan strategi pengembangan Unlam

Tahap	Tahun Capaian	Strategi
Fase Kematangan Integratif	2010-2015	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mengimplementasikan kebijakan tata kelola</li><li>2. Mengimplementasikan SPMI</li><li>3. Memonitor, mengevaluasi, dan menindak-lanjuti secara berkala dan berkesinambungan</li></ol>
Tersedianya Sumberdaya (SD) Unggul dalam Bidang Lingkungan Lahan Basah	2015-2019	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mengarahkan topik penelitian Doktor pada lingkungan lahan basah</li><li>2. Memberi beasiswa dosen yang melanjutkan studi di bidang lingkungan lahan basah</li><li>3. Memberi dana penelitian unggulan perguruan tinggi (PUPT) terkait lingkungan lahan basah</li><li>4. Merevisi kebijakan penelitian (yang berlanjut pada pengabdian kepada masyarakat dan kerjasama) dengan fokus lingkungan lahan basah</li><li>5. Mengalokasikan anggaran rupiah murni dan PNBPN untuk penambahan pusat studi dan stasiun penelitian lingkungan lahan basah</li></ol>
Pusat Unggulan Pengembangan Lahan Basah Nasional	2019-2023	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mendampingi pengurusan kekayaan intelektual (antara lain paten)</li><li>2. Mendampingi atau memberi pelatihan untuk penulisan publikasi internasional</li><li>3. Membangun, menjalin, dan menandatangani MOU dengan perguruan tinggi (PT) luar negeri terkait pertemuan ilmiah internasional (terutama lingkungan lahan basah)</li><li>4. Membangun, menjalin, dan menandatangani MOU kerjasama dengan PT Asia tentang lingkungan lahan basah</li><li>5. SPMI berbasis AUN dan QS</li></ol>
Pusat Pengembangan Lahan Basah Asia-Pasifik	2023-2027	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Meningkatkan pendanaan penelitian (yang berlanjut pada pengabdian kepada masyarakat dan kerjasama) skala Asia Pasifik atau lebih luas lagi, internasional</li><li>2. Membangun jejaring penelitian dan pengembangan lahan basah tingkat Asia Pasifik</li><li>3. Membangun kerjasama tingkat Asia Pasifik di bidang lahan basah dengan prinsip kesetaraan dan keadilan</li><li>4. Meningkatkan pertemuan ilmiah tentang lahan basah tingkat Asia Pasifik</li><li>5. Sosialisasi intensip tentang keunggulan Unlam ke seluruh PT Asia Pasifik terkait</li></ol>

Sejalan dengan visi Unlam yang kajian riset unggulannya adalah lingkungan lahan basah yang mencakup salah satu tema penelitian Unlam adalah Energi Alternatif dan

Terbarukan. Hal selengkapnya terkait dengan isu strategis, konsep pemikiran, pemecahan masalah, topik riset yang diperlukan, KPI (*Key Performance Indicators*) dan kompetensi yang diperlukan disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Isu strategis, konsep pemikiran, pemecahan masalah, topik riset, KPI dan kompetensi yang diperlukan

FOKUS 5: ENERGI ALTERNATIF DAN TERBARUKAN					
Isu strategis	Konsep Pemikiran	Pemecahan Masalah	Topik Riset	KPI	Kompetensi /Keahlian /Keilmuan
Salah satu penyebab pemborosan energi adalah perancangan bangunan yang kurang dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan	Meningkatkan efisiensi energi bangunan dengan membuat komponen bangunan yang tidak statis dan mampu berubah sehingga dapat menyesuaikan bentuk terhadap perubahan kondisi lingkungan	Penerapan selubung bangunan yang dapat mengurangi beban energi pada bangunan dan peningkatan performa rancang interior dan eksterior bangunan	Pengembangan Selubung Adaptif untuk peningkatan efisiensi energi dan performa bangunan Rancang Bangun Pembangkit Listrik berbasis Batu bara yang efisien	Adanya model atau prototipe Selubung Adaptif untuk peningkatan efisiensi energi dan performa bangunan	Teknik, MIPA (Fisika),
Kalimantan kaya akan Batu Bara tetapi kualitasnya relatif rendah. Dengan menerapkan teknologi yang sesuai, batubara muda ini dapat dijadikan produk olahan lain yang memiliki nilai ekonomis lebih tinggi.	Teknologi Blending dan Up Grading Batu Bara dapat meningkatkan nilai ekonomisnya.	1. Teknologi Pencairan Batu bara 2. Teknologi Gasifikasi Batu bara 3. Rancang Bangun Pembangkit Listrik berbasis Batu bara yang efisien	1. Kajian Pencairan Batu bara sesuai dengan kualitas batubara yang ada. 2. Kajian Gasifikasi Batu Bara yang ada. 3. Studi mengenai kemungkinan dikembangkan lokasi pencairan dan gasifikasi batu bara di Kalimantan Selatan	1. Tersedianya data ilmiah Pengaruh blending dan upgrading terhadap karakteristik batu bara di Kalimantan Selatan 2. Tersedianya model lokasi yang sesuai untuk pencairan dan gasifikasi batu bara di Kalimantan Selatan	Kimia, Fisika, Teknik
Energi berbahan fosil semakin lama akan semakin menipis dan berpotensi menyebabkan krisis energi jika tidak ditemukan sumber energi baru atau energi alternatif lain yang tidak dapat menutupi kebutuhan energi yang semakin meningkat.	Eksplorasi, kajian teoritis dan aplikatif untuk pengembangan energi alternatif berbasis energi terbarukan sangat diperlukan untuk mengatasi kebutuhan energi yang semakin meningkat dan ketersediaan energi fosil yang semakin menipis.	Perlu upaya untuk mendapatkan atau mengembangkan energi terbarukan berbasis kekayaan sumber daya alam Kalimantan.	Kajian eksplorasi, kajian teoritis dan aplikatif untuk pengembangan energi terbarukan berbasis kekayaan alam Kalimantan seperti biodiesel, bioetanol, biogas, dan energi alternatif lain yang dapat diperbaharui.	Tersedianya data ilmiah teoritis dan aplikatif pengembangan energi terbarukan berbasis kekayaan alam Kalimantan seperti biodiesel, bioetanol, biogas, dan energi alternatif lain yang dapat diperbaharui.	Kimia, Fisika, Teknik

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1 Kajian Pustaka

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian terhadap nilai konduktivitas termal fluida nano dengan partikel nano dan fluida dasar yang berbeda, dengan variasi temperatur, fraksi volume, dan ukuran partikel nano dengan menggunakan metode yang berbeda. Juneja dan Gangacharyulu (2013) meneliti fluida nano  $Al_2O_3$ /air dan  $Al_2O_3$ /ethylene glycol pada temperatur 25 °C – 60 °C untuk mengukur konduktivitas termal dan viskositas, menyimpulkan bahwa konduktivitas termal fluida nano relatif meningkat dengan peningkatan fraksi volume dan temperatur. Colla dkk, (2012) mengukur konduktivitas termal dan viskositas dinamik  $Fe_2O_3$  dengan fluida dasar air dengan konsentrasi massa 5% sampai 20%, pengukuran dilakukan pada range temperatur 10 °C sampai 70 °C, menyimpulkan bahwa konduktivitas termal mengalami kenaikan dengan peningkatan fraksi massa dan temperatur, sedangkan viskositas dinamik mengalami kenaikan seiring peningkatan fraksi massa, tetapi mengalami penurunan terhadap kenaikan temperatur.

Mintsa dkk, (2009) mengukur konduktivitas termal efektif fluida nano alumina/air dan copper oxide/air pada range temperatur 21 °C sampai 23 °C dengan konsentrasi volume antara 0% sampai 18%, hasilnya menunjukkan peningkatan konduktivitas termal efektif yang dipengaruhi oleh peningkatan fraksi volume. Wildan dkk, (2013) mengukur massa jenis, viskositas, dan konduktivitas termal pada  $Al_2O_3$ /air dengan massa partikel nano 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dengan variasi temperatur 40 °C, 50 °C, dan 60 °C, berkesimpulan bahwa pada temperatur yang sama, penambahan prosentasi massa partikel nano meningkatkan massa jenis, viskositas, dan konduktivitas termal fluida nano. Sementara pada prosentasi massa yang sama, peningkatan temperatur fluida nano membuat massa jenis dan viskositas dari fluida nano menurun, sedangkan konduktivitas termal fluida nano naik.

Duangthongsuk dan Wongwises (2009) melakukan penelitian mengenai konduktivitas termal fluida nano  $\text{TiO}_2$ /air dengan konsentrasi volume 0,2% - 2% dan temperatur antara 15 °C – 35 °C menyimpulkan bahwa konduktivitas termal meningkat dengan kenaikan konsentrasi volume dan kenaikan temperatur, juga menunjukkan bahwa korelasi yang ada sekarang untuk memprediksikan konduktivitas termal memberikan nilai yang lebih rendah dibanding nilai eksperimen. Murshed dkk, (2008) juga melakukan penelitian mengenai konduktivitas termal fluida nano dengan range temperatur 20 °C - 60 °C dengan metode *transient hot wire*, dalam penelitiannya menggunakan model *effective thermal conductivity*, berkesimpulan bahwa ukuran partikel, bentuk, *interfacial layer*, dan temperatur mempengaruhi peningkatan konduktivitas termal fluida nano.

Vajjha dan Das (2009) mengukur konduktivitas termal menggunakan metode *steady state cylindrical cell* pada fluida nano *aluminum oxide*, *copper oxide* dan *zinc oxide/ethylene glycol*-air (60:40) pada range temperatur 298 K sampai 363 K. Hasilnya menunjukkan peningkatan konsentrasi volume partikel dan temperatur meningkatkan konduktivitas termal fluida nano dibandingkan fluida dasarnya.

### **3.2 Landasan Teori**

Penelitian tentang fluida pendingin yang dicampur dengan partikel logam telah dilakukan oleh Maxwell sekitar 100 tahun yang lalu. Tetapi, semua penelitian tersebut menggunakan partikel logam yang berukuran milimeter atau mikrometer. Masalah utama yang dihadapi dengan larutan yang mengandung partikel berukuran milimeter atau mikrometer adalah partikel tersebut cepat mengendap.

Salah satu cara yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan partikel logam berukuran nanometer, atau biasa disebut dengan partikel nano. Fluida dasar yang dicampur dengan partikel nano agar dapat mengubah karakteristik dari fluida dasar disebut dengan fluida nano. Fluida nano merupakan sistem dua fase dengan satu fase (fase padat) dalam fase

lainnya (fase cair). Fluida nano dibuat dengan menambahkan partikel nano dengan ukuran rata-rata dibawah 100 nm dalam fluida dasar, misalnya air, oli, *ethylene glycol*. Partikel nano yang biasanya digunakan dalam fluida nano yaitu, partikel logam (Cu, Al, Fe, Au, Ag, dan lain-lain) dan partikel non-logam ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CuO,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , SiC, *carbon nanotube*, dan lain-lain).

### 3.2.1 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan kalor yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor di mana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. Perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, temperatur elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan posisi relatif molekul-molekulnya disebut energi dalam. Jadi, semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi temperatur maupun energi dalam elemen zat. Bila molekul-molekul di satu daerah memperoleh energi kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul di suatu daerah yang berdekatan, sebagaimana ditunjukkan oleh adanya beda temperatur, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul di daerah yang bertemperatur lebih rendah. Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastik/*elastic impact* (misalnya dalam fluida) atau dengan pembauran/*diffusion*

elektron-elektron yang bergerak secara lebih cepat dari daerah yang bertemperatur lebih tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah (misalnya logam)

### **3.2.2 Konduktivitas Termal**

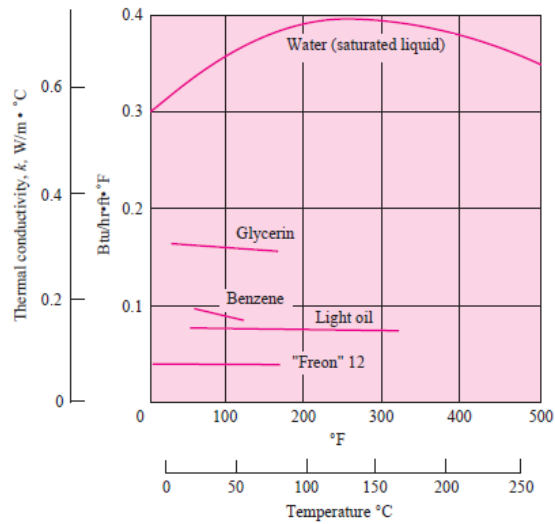
Konduktivitas termal ( $k$ ) adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuan untuk menghantarkan kalor. Persamaan 2.1 merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu, maka dapat dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas thermal berbagai bahan. Untuk gas-gas pada temperatur agak rendah, pengolahan analitis teori kinetik gas dapat dipergunakan untuk mengetahui secara teliti nilai-nilai yang diamati dalam percobaan. Untuk mengetahui konduktivitas thermal zat cair dan zat padat, ada beberapa teori yang dapat digunakan dalam beberapa situasi tertentu, tetapi dalam hal zat cair dan zat padat terdapat banyak masalah yang masih memerlukan penjelasan.

Mekanisme konduksi termal pada gas cukup sederhana. Energi kinetik molekul ditunjukkan oleh temperturnya, jadi pada bagian bertemperatur tinggi molekul-molekul mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada yang berada pada bagian bertemperatur rendah. Molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan tidak beraturan atau acak, saling bertumbukan satu sama lain, di mana terjadi pertukaran energi dan momentum. Perlu diingat bahwa molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan tidak beraturan walaupun tidak terdapat gradien temperatur dalam gas itu. Jika suatu molekul bergerak dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah, maka molekul itu mengangkut energi kinetik ke bagian sistem yang temperturnya lebih rendah, dan di sini terjadi perpindahan energi pada saat bertumbukan dengan molekul yang energinya lebih rendah. Nilai konduktivitas termal beberapa bahan diberikan pada Gambar 3.1,

Material	Thermal conductivity <i>k</i>	
	W/m · °C	Btu/h · ft · °F
Metals:		
Silver (pure)	410	237
Copper (pure)	385	223
Aluminum (pure)	202	117
Nickel (pure)	93	54
Iron (pure)	73	42
Carbon steel, 1% C	43	25
Lead (pure)	35	20.3
Chrome-nickel steel (18% Cr, 8% Ni)	16.3	9.4
Nonmetallic solids:		
Diamond	2300	1329
Quartz, parallel to axis	41.6	24
Magnesite	4.15	2.4
Marble	2.08–2.94	1.2–1.7
Sandstone	1.83	1.06
Glass, window	0.78	0.45
Maple or oak	0.17	0.096
Hard rubber	0.15	0.087
Polyvinyl chloride	0.09	0.052
Styrofoam	0.033	0.019
Sawdust	0.059	0.034
Glass wool	0.038	0.022
Ice	2.22	1.28
Liquids:		
Mercury	8.21	4.74
Water	0.556	0.327
Ammonia	0.540	0.312
Lubricating oil, SAE 50	0.147	0.085
Freon 12, CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.073	0.042
Gases:		
Hydrogen	0.175	0.101
Helium	0.141	0.081
Air	0.024	0.0139
Water vapor (saturated)	0.0206	0.0119
Carbon dioxide	0.0146	0.00844

Gambar 3.1. Konduktivitas termal material (Holman, 2010)

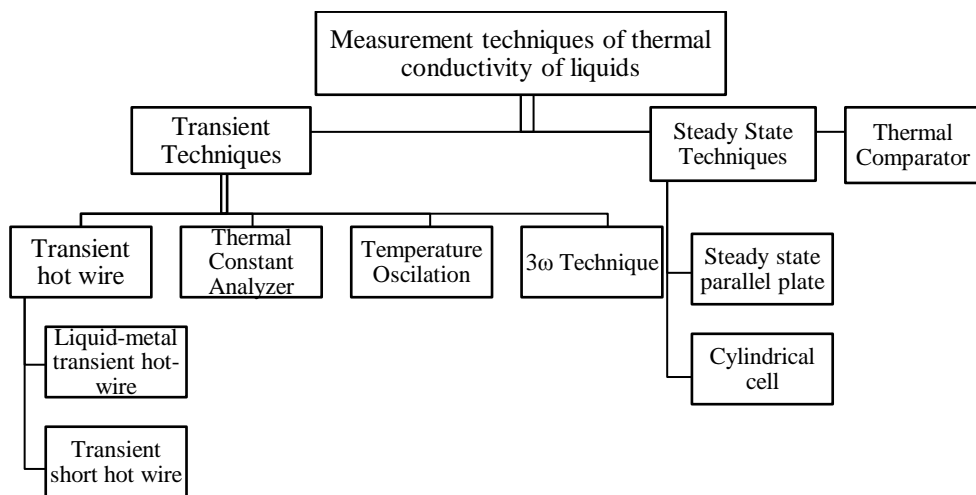
Mekanisme fisis konduksi energi thermal dalam zat cair secara kualitatif tidak berbeda dari gas. Namun, situasinya menjadi jauh lebih rumit karena molekul-molekulnya lebih berdekatan satu sama lain, sehingga medan gaya molekul (*molecular force field*) lebih besar pengaruhnya pada pertukaran energi dalam proses tumbukan molekul. Konduktivitas termal beberapa cairan khas ditunjukkan dalam Gambar 3.2 berikut,



Gambar 3.2 Konduktivitas Termal beberapa zat cair (Holman, 2010)

### 3.2.3 Pengukuran Konduktivitas Termal Fluida Nano

Beberapa metode untuk mengukur konduktivitas termal diantaranya adalah metode *steady state* dan *transient*. Berdasarkan *review* yang dilakukan oleh Paul dkk, (2010) dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut yang menunjukkan berbagai metode untuk mengukur konduktivitas termal untuk cairan dan gas.



Gambar 3.3 Teknik pengukuran konduktivitas termal fluida nano (Paul dkk, 2010)



Pada penelitian ini menggunakan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengesetan perbedaan temperatur dari sampel fluida nano yang ada di dalam sebuah ruang sempit berbentuk *annular (radial clearance)*. Sampel fluida nano yang konduktivitas termal efektifnya akan diukur memenuhi/mengisi ruang kecil di antara sebuah *plug* yang dipanaskan dan sebuah selubung (*jacket*) yang didinginkan oleh air. *Plug* tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pemanas *catridge* yang dihasilkan dengan daya yang dikendalikan oleh voltmeter dan ammeter standar yang terpasang pada panel. *Plug* tersebut dibuat dari aluminium untuk mengurangi kelembapan termal dan variasi temperatur yang ada dan mengandung sebuah elemen pemanas yang berbentuk silinder yang mana resistensinya dalam temperatur kerja (*working temperature*) diukur dengan akurat.

### **3.3 Peta Jalan Penelitian**

#### **3.3.1 Kegiatan Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya adalah :**

- a) Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume terhadap Sifat Termofisik Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Ethylene Glycol (Rahma Yasmina, 2017)
- b) Model Prediksi Sifat Termofisik Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Air Raksa (Herry Irawansyah, 2017)

#### **3.3.2 Kegiatan Penelitian yang akan dilaksanakan pada tahun 2018 adalah:**

Karakterisasi Konduktivitas Termal Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Ethylene Glycol

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Alat dan Bahan**

##### **4.1.1. Alat**

Pada penelitian ini, alat yang digunakan adalah:

1. Timbangan digital
2. *Magnetic stirrer*
3. *Ultrasonic vibrator*
4. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*
5. *X-Ray Diffractory (XRD)*
6. Piknometer
7. Viskometer

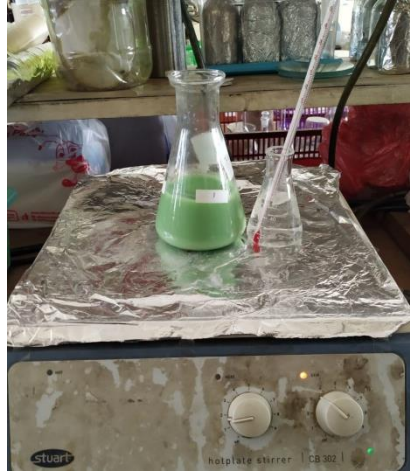
##### **4.1.2 Bahan**

1. Partikel nano TiO<sub>2</sub>
2. Ethylene Glycol

#### **4.2 Persiapan Fluida Nano**

Ada 3 metode persiapan fluida nano yang sering dilakukan, yaitu mengontrol pH, penambahan surfaktan, dan menggunakan *ultrasonic vibration* dan *magnetic steering*. Pencampuran fluida nano pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode *ultrasonic vibration*. Pada penelitian ini partikel nano yang digunakan adalah TiO<sub>2</sub> yang dibeli dari *US Research Nanomaterials, Inc* dengan ukuran diameter 18 nm. Pencampuran partikel nano TiO<sub>2</sub> dengan Ethylene Glycol tanpa menggunakan surfaktan, TiO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 0.01 %, 0.025 %, 0.05%, 0.075 %, dan 0,1%, didispersi terhadap Ethylene Glycol dengan *magnetic steering* (gambar 4.1) selama 1 jam sehingga bercampur dengan baik kemudian dengan

*ultrasonic vibration* (gambar 4.2) agar tidak terjadi penggumpalan partikel nano pada fluida dasar.

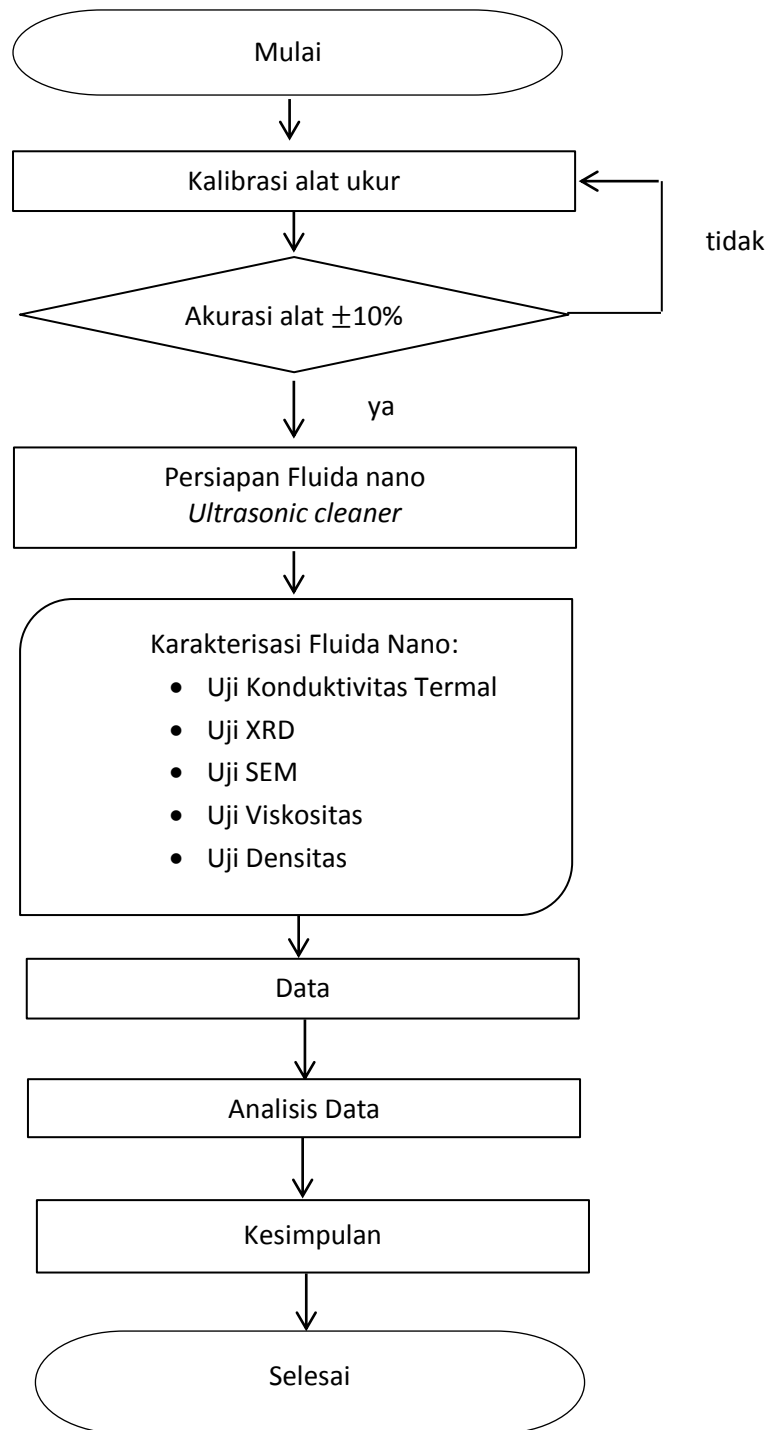


Gambar 4.1 Magnetic Stirrer



Gambar 4.2 Ultrasonic Vibration

### 4.3 Diagram Alur Penelitian

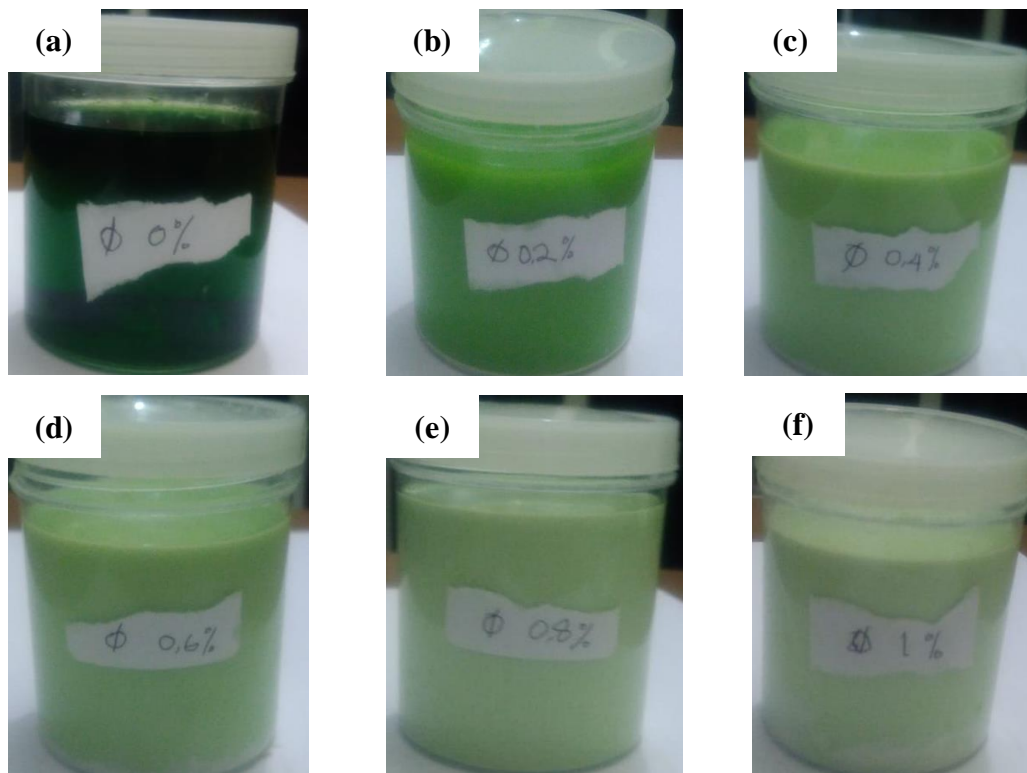


Gambar 4.2. Diagram alir penelitian

## BAB V

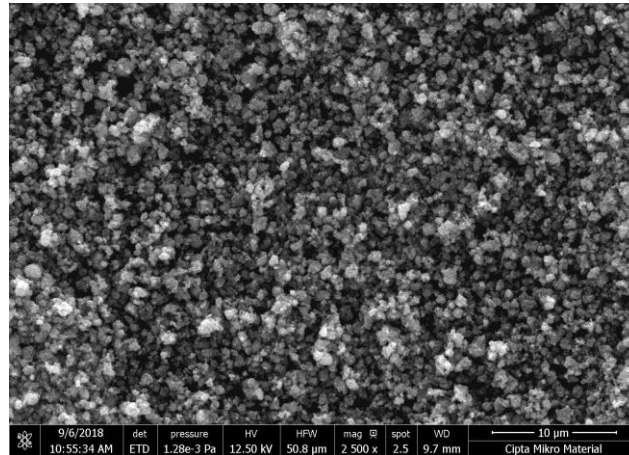
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan karakterisasi partikel nano  $\text{TiO}_2$  pada skala submikrometer serta menentukan komposisi unsur sampel secara kualitatif maupun kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan satu perangkat alat SEM yang dirangkaikan dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*). Pada SEM (*Scanning Electron Microscope*) dapat diamati karakteristik bentuk, struktur, serta distribusi pori pada permukaan bahan. Sedangkan pada XRD (*X-Ray Diffractory*) analisis kualitatifnya adalah proses identifikasi unsur-unsur yang ada dalam sampel dan analisis kuantitatifnya adalah untuk mengetahui kadar unsur yang terkandung dalam sampel. Tahapan analisisnya yaitu sejumlah sampel diletakkan dalam wadah sampel kemudian dilakukan proses *coating* (pelapisan) karbon pada sampel lalu dianalisis.

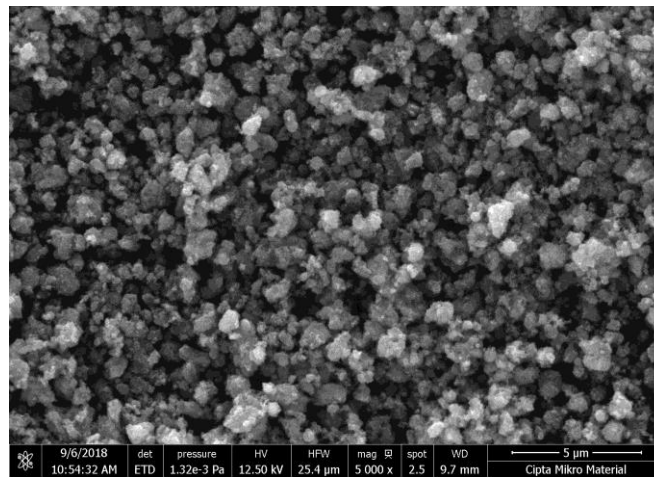


Gambar 5.1 Sampel Fluida Nano  $\text{TiO}_2$ /Ethylene Glycol dengan fraksi volume (a). 0 %, (b). 0.2 %, (c). 0.4 %, (d). 0.6 %, (e). 0.8 %, dan (f). 1 %

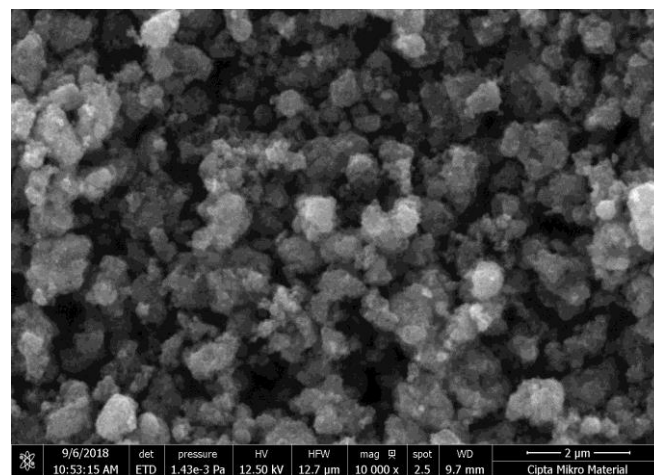
## 5.1 Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 5.2 Foto SEM nano partikel TiO<sub>2</sub> dengan perbesaran 2500x



Gambar 5.3 Foto SEM nano partikel TiO<sub>2</sub> dengan perbesaran 5000x

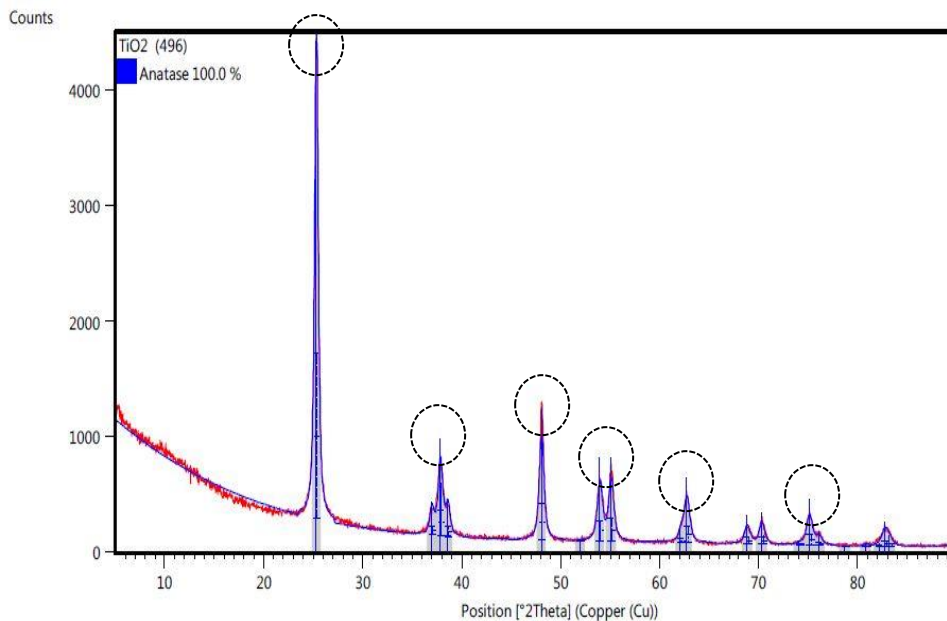


Gambar 5.4 Foto SEM nano partikel TiO<sub>2</sub> dengan perbesaran 10000x

Fluida nano dibuat dari oksida partikel nano yakni Titanium Dioxide ( $\text{TiO}_2$ ), yang berukuran 18 nm, dimana partikel ini didispersikan pada fluida dasar Ethylene Glycol. Partikel Titanium Oxide ( $\text{TiO}_2$ ) yang digunakan disini adalah  $\text{TiO}_2$  US Nano 18 nm berbentuk bola. Gambar 5.2, 5.3, dan 5.4 memperlihatkan hasil foto SEM partikel nano  $\text{TiO}_2$  dengan perbesaran 2500 x, 5000x, dan 10000 x., dimana dari gambar terlihat partikel-partikel nano membentuk aglomer yang terdiri atas partikel berukuran nanometer.

## 5.2 X-Ray Diffraction

Pola hasil X-Ray Diffraction (XRD) partikel nano  $\text{TiO}_2$  menunjukkan beberapa puncak sudut seperti yang ditunjukkan gambar 5.5 sebagai berikut:



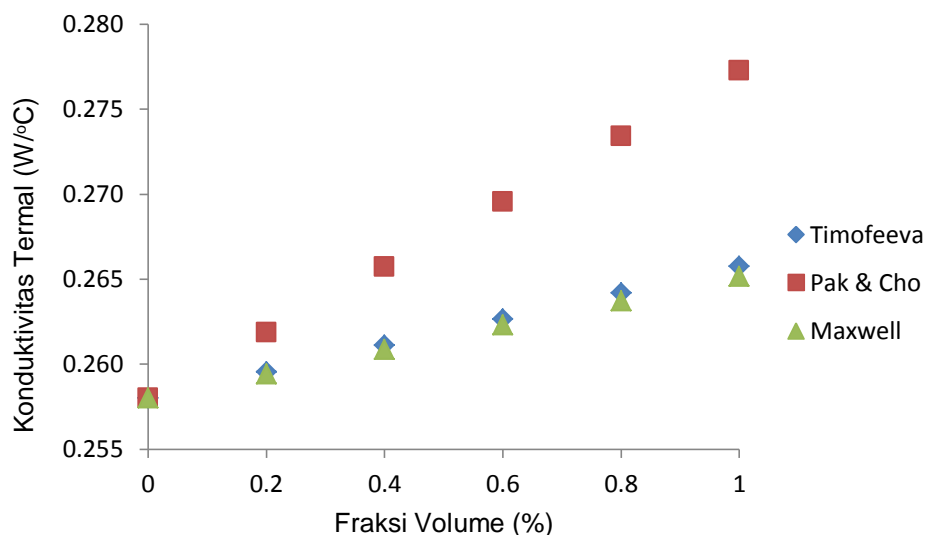
Gambar 5.5 Hasil XRD nano partikel  $\text{TiO}_2$

Berdasarkan gambar 5.5 (ditandai lingkaran) terlihat puncak partikel nano  $\text{TiO}_2$  tanpa ada pengotor dari material lain. Hasil XRD menunjukkan bahwa partikel nano  $\text{TiO}_2$  termasuk dalam fase anatase 100 %.

### 5.3 Konduktivitas Termal Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Ethylene Glycol

Terdapat 3 metode persiapan fluida nano yang sering dilakukan, yaitu mengontrol pH, penambahan surfaktan, dan menggunakan *ultrasonic vibration* atau *magnetic steering*. Pencampuran fluida nano pada penelitian ini dilakukan dengan metode *ultrasonic vibration*. Pada penelitian ini partikel nano yang digunakan adalah TiO<sub>2</sub> yang dibeli dari US Nano. USA dengan ukuran diameter 18 nm. Sementara fluida dasar yang digunakan adalah Ethylene Glycol. Pencampuran partikel nano TiO<sub>2</sub> dengan Ethylene Glycol tanpa menggunakan surfaktan, TiO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 1 %, dan 2 % (v/v) didispersi terhadap Ethylene Glycol dengan *magnetic steering* selama 1 jam kemudian dengan *ultrasonic vibration* selama 3 jam.

Beberapa model persamaan untuk memprediksikan nilai konduktivitas termal fluida nano telah dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Dalam penelitian ini model persamaan yang digunakan adalah Maxwell, Pak & Cho, dan Timofeeva. Prediksi nilai konduktivitas termal ditunjukkan pada gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Konduktivitas termal fluida nano TiO<sub>2</sub>/Ethylene Glycol

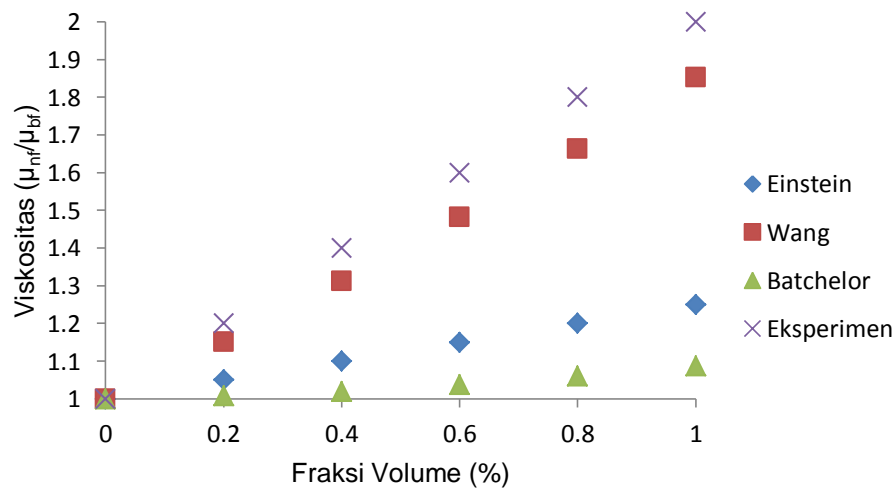
Berdasarkan gambar 5.6 hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan model prediksi fluida nano menunjukkan bahwa nilai konduktivitas termal fluida



nano mengalami kenaikan seiring dengan penambahan fraksi volume partikel nano terhadap fluida dasarnya. Hal ini disebabkan oleh penambahan partikel yang memiliki nilai konduktivitas termal yang lebih besar menyebabkan terjadinya interaksi partikel nano dengan fluida dasar sehingga terjadi peningkatan konduktivitas fluida nano. Menurut Keblinski (2005) ada empat kemungkinan yang menyebabkan kenaikan konduktivitas termal fluida nano, pertama gerakan Brownian dari partikel nano, kedua terbentuknya lapisan pada partikel nano dengan fluida dasar, ketiga pergerakan kalor yang kuat pada partikel nano, dan keempat terjadinya pengelompokkan partikel nano pada fluida nano.

#### 5.4 Viskositas Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Etelyn Glycol

Dari hasil penelitian viskositas fluida nano TiO<sub>2</sub>/Etelyn Glycol menggunakan viskometer brookfield didapatkan nilai viskositas pada fluida nano dengan fraksi volume 0.2 %, 0.4 % , 0.6 % , 1 % , dan 2 % sebesar 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, dan 2 ( $\mu_{nf}/\mu_{bf}$ ) secara berurutan seperti ditunjukkan pada gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Viskositas fluida nano TiO<sub>2</sub>/Ethylene Glycol

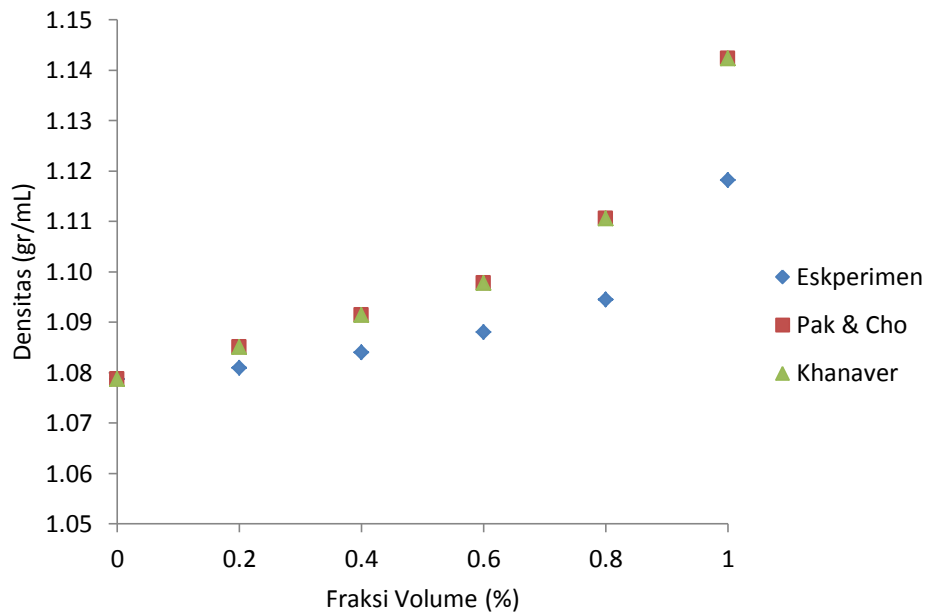
Pada gambar 5.7 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai viskositas fluida nano seiring dengan penambahan fraksi volume partikel nano terhadap

fluida dasar. Nilai viskositas fluida nano mengalami kenaikan seiring dengan penambahan fraksi volume partikel nano. Nilai viskositas terbesar sekitar 20 cP atau dengan kata lain mengalami kenaikan 100 % dibandingkan fluida dasarnya yang terjadi pada fraksi volume 1 %. Hal ini dikarenakan penambahan konsentrasi partikel terhadap fluida dasar, menyebabkan interaksi hidrodinamik antara partikel yang memberikan gangguan pada sekitar partikel terhadap partikel lainnya pada konsentrasi partikel yang lebih tinggi.

Data hasil eksperimen viskositas kemudian dibandingkan dengan model prediksi Einstein (1956), Batchelor (1977) dan Wang dkk, (1999) menggunakan persamaan. Berdasarkan perbandingan hasil penelitian dengan model prediksi terhadap viskositas fluida nano menunjukkan bahwa nilai viskositas hasil eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan permodelan Wang, Einstein dan Batchelor. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Temofeeva dkk, (2007) yang menyatakan bahwa viskositas efektif fluida nano secara umum lebih tinggi dibandingkan permodelan Einstein dan Batchelor.

### **5.5 Densitas Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Eteyn Glycol**

Dari hasil penelitian denistas fluida nano TiO<sub>2</sub>/Eteyn Glycol menggunakan piknometer didapatkan nilai densitas pada fluida nano dengan fraksi volume 0.2 %, 0.4 % , 0.6 %, 0.8 %, dan 1 % sebesar 1.08 gr/mL, 1.08 gr/mL, 1.08 gr/mL, 1.09 gr/mL, 1.09 gr/mL, dan 1.12 gr/mL X secara berurutan seperti ditunjukkan pada gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Densitas fluida nano  $\text{TiO}_2/\text{Ethylene Glycol}$

Pada gambar 5.8 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai densitas fluida nano seiring dengan penambahan fraksi volume partikel nano terhadap fluida dasar. Hal ini disebabkan adanya penambahan partikel dalam fluida dasar meningkatkan massa dari fluida pada volume yang sama, sehingga nilai densitasnya semakin besar. Densitas fluida nano tertinggi berada pada fraksi volume 1 % dengan nilai densitas sebesar 1,12 gr/mL atau terjadi kenaikan sebesar 3,5 % dibandingkan dengan fluida dasarnya. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian Ho dkk, (2010) yang menunjukkan kenaikan nilai densitas seiring dengan penambahan konsentrasi partikel pada fluida dasarnya. Kenaikan nilai densitas dari fluida dasar dengan penambahan fraksi volume 0.2 %, 0.4%, 0.6 %, 0.8 % dan 1% adalah sebesar 0.2 %; 0.49%; 0.86 %; 1.14 %; dan 3,65% secara berurutan.

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan kesimpulan bahwa karakteristik konduktivitas termal fluida nano TiO<sub>2</sub>/Ethylene Glycol mengalami peningkatan dengan penambahan partikel nano *Titanium Oxide* (TiO<sub>2</sub>) sehingga berpotensi untuk diaplikasikan sebagai fluida pemindah kalor yang lebih efektif dan efisien.

#### **7.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu adanya pengujian konduktivitas termal dengan menggunakan metode yang berbeda dengan penelitian ini seperti dengan menggunakan metode *Transient Hot Wire*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Choi, S.U.S dan Eastman, J.A., 1995, Enhancing Thermal Conductivity Of Fluids With Nanoparticles, *ASME FED*, 99-105.
- Duangthongsuk, W dan Wongwises, S., 2009, Measurement of temperature dependent thermal conductivity and viscosity of TiO<sub>2</sub> water nanofluids, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 33 : 706–714.
- Haddad, Z., Cherifa, A., Hakan, F. O., dan Amina, M., 2014, A Review on How the Researchers Prepare Their Nanofluids, *International Journal of Thermal Sciences*, 76 : 168-189.
- Holman, J.P., 2010, *Heat Transfer 10<sup>th</sup> edition*, McGraw-Hill Companies, New York.
- Juneja, M dan Gangacharyulu. D., 2013, Experimental Analysis on Influence of Temperature and Volume Fraction of Nanofluids on Thermophysical Properties, *International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences (IJETCAS)*, 233-238.
- Mintsa, H. A., Gilles, R., dan Cong, T. N., 2009, New Temperature Dependent Thermal Conductivity Data for Water-Based Nanofluids, *International Journal of Thermal Sciences*, 48 : 363-371.
- Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, Theodore, H., 2004, *Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 1*, alih bahasa : Harinaldi dan Budiarmo, Universitas Indonesia Erlangga, Jakarta.
- Murshed, S.M.S., Leong, K.C., dan Yang, C., 2008, Investigation of Thermal Conductivity and Viscosity of Nanofluids, *International Journal of Thermal science*, 47 : 560-568.
- Pak, B. C dan Cho, Young I., 1998, Hydrodynamic and Heat Transfer Study of Dispersed Fluids with Submicron Metallic Oxide Particles, *Experimental Heat Transfer*, 151-159.
- Pakdaman, M., Fakoor., M.A., Akhavan. B., dan P. Razi., 2012, An Experimental Investigation on Thermo-Physical Properties and Overall, *Experimental Thermal and Fluid Science.*, 40 : 103–111.
- Vajjha, R. S dan Debendra, K. D., 2009, Experimental Determination of Thermal Conductivity of Three Nanofluids, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52 : 4675–4682.
- Wildan, M., Hamidi, N., Yuliati, L dan Sudarmadji, 2013, Pengaruh Variasi Prosentasi Massa Nanopartikel, Temperatur, dan Fluida nano terhadap Fluida Properties Fluida nano H<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Ho, C.J., Liu, W.K., Chang, Y.S., dan Lin, C.C., 2010, Natural Convection Heat Transfe Of Alumina-Wate rNanofluid Invertical Square Enclosures : An Experimental Study International , *Journal Of Thermal Sciences*, 49 : 1345-1353.