

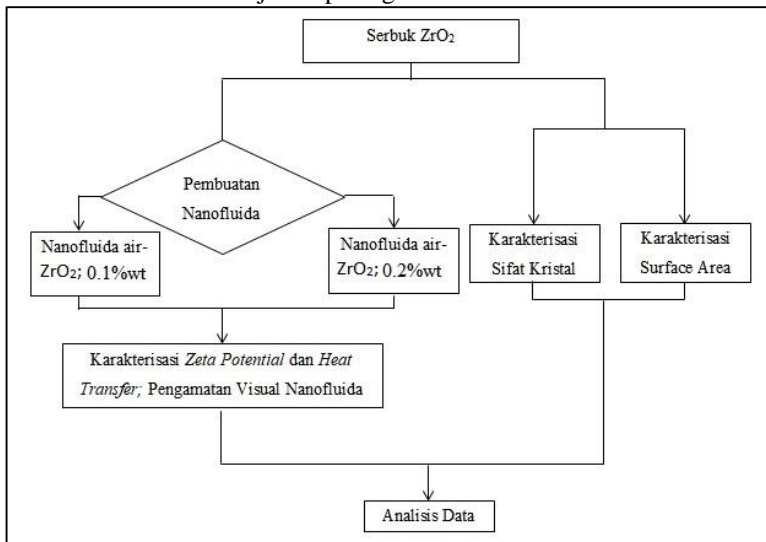
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April-Juni 2018 dan bertempat di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan–Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) yang bertempat di Jl. Tamansari No. 71 Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat (40132).

### 3.2 Desain Penelitian

Secara umum, desain penelitian mengenai analisis serbuk  $ZrO_2$  dan nanofluida air- $ZrO_2$  ditujukan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Desain penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen. Dalam penelitian ini, sampel dibuat dalam dua bentuk, yaitu serbuk dan fluida. Sampel yang dibuat ini adalah serbuk Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) serta nanofluida air- $ZrO_2$ . Sampel serbuk  $ZrO_2$  yang disiapkan ini akan digunakan untuk karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* dan *Surface Area Meter* sedangkan sampel nanofluida air- $ZrO_2$  akan digunakan

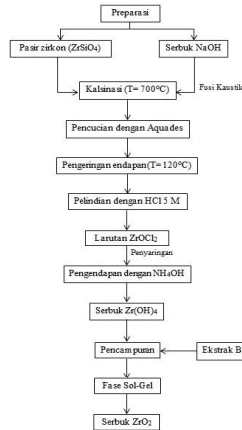
Arief Rizqiyanto Achmad, 2018  
**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

untuk karakterisasi *Potential Zeta Meter*, pengamatan visual nanofluida air-ZrO<sub>2</sub> selama 14 hari, dan *Heat Transfer* pada radiator. Bahan dasar untuk mensintesis sampel-sampel ini adalah serbuk Zirkonium Hidroksida (Zr(OH)<sub>4</sub>) yang diekstrak dari pasir zirkon lokal (ZrSiO<sub>4</sub>). Serbuk ZrO<sub>2</sub> disintesis dengan metode sol-gel dengan mencampur serbuk Zr(OH)<sub>4</sub> yang sebelumnya telah diekstrak dari pasir zirkon lokal secara fusi kaustik dengan ekstrak belimbing wuluh dengan perbandingan mol serbuk dengan ekstrak adalah 2:1 kemudian dikalsinasi pada temperatur 800°C selama 3 jam. Serbuk yang telah terbentuk kemudian dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* dan *Surface Area Meter*. Sintesis nanofluida air-ZrO<sub>2</sub> dilakukan dengan metode dua tahap (*Two Step Method*) dimana serbuk ZrO<sub>2</sub> sebanyak 1 gram dan 2 gram dilarutkan masing-masing dalam aquades sebanyak 1 liter kemudian diultrasonifikasi selama 2 jam. Nanofluida yang telah terbentuk kemudian dikarakterisasi *Zeta Potential* dan *Heat Transfer* pada radiator.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan pembuatan serbuk ZrO<sub>2</sub> secara umum ditunjukkan pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Tahapan pembuatan serbuk ZrO<sub>2</sub>

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018  
**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Adapun penjelasan secara rinci dari tahapan pembuatan serbuk  $ZrO_2$  serta nanofluida air- $ZrO_2$  adalah sebagai berikut:

### 3.3.1. Preparasi

Tahap awal dalam pembuatan nanopartikel  $ZrO_2$  adalah preparasi pasir zirkon lokal ( $ZrSiO_4$ ), serbuk NaOH, dan larutan HCl 5 M. Komposisi kimia dari pasir zirkon lokal ( $ZrSiO_4$ ) yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 3.1 (Syarif, D.G., 2014)

**Tabel 3.1**  
Komposisi kimia yang terkandung dalam  
pasir zirkon lokal ( $ZrSiO_4$ ) (Syarif, D.G., 2014)

Bahan	Konsentrasi (%massa)
SiO <sub>2</sub>	34.13
ZrO <sub>2</sub>	65.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.083
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.054
K <sub>2</sub> O	0.004
Na <sub>2</sub> O	0.029
LOI	0.48

LOI= Lost of Ignition

### 3.3.2. Fusi Kaustik

Pada proses ini, pasir zirkon lokal ( $ZrSiO_4$ ) dicampur dengan serbuk NaOH dengan perbandingan berat 1:1,8 kemudian dikalsinasi pada temperatur 700°C selama 2 jam. Setelah itu, hasil kalsinasi diambil lalu digerus dan dilindi dengan aquades hingga bersih kemudian dikeringkan pada temperatur 120°C. Proses ini bertujuan untuk pemisahan awal kandungan silikat dalam pasir zirkon lokal untuk kemudian akan dilakukan proses pelindian asam agar silikat benar – benar terpisah dari pasir zirkon.

### 3.3.3. Pelindian Asam

Pada proses ini, hasil pengeringan dari fusi kaustik dilindi dengan HCl 5 M dengan perbandingan 1 gram serbuk berbanding 10 ml HCl 5 M sambil diaduk dengan *magnetic field stirrer* selama 30 menit dan akan terbentuk larutan  $ZrOCl_2$ . Proses ini bertujuan untuk mengikat

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

silikat yang telah bebas dari proses fusi kaustik. Adapun hasil pelindian seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 berikut ini:



**Gambar 3.3** Hasil pelindian

### 3.3.4. Penyaringan

Pada proses ini, larutan disaring agar silikat terpisah sehingga didapatkan larutan  $ZrOCl_2$  yang bebas silikat. Hasil dari penyaringan seperti yang terlihat pada Gambar 3.4. berikut ini :



**Gambar 3.4** Proses penyaringan

### 3.3.5. Pengendapan

Pada proses ini, larutan  $ZrOCl_2$  dicampurkan dengan menggunakan *magnetic field stirrer* kemudian larutan ini dicampur dengan  $NH_4OH$

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

hingga terbentuk endapan putih  $Zr(OH)_4$ . Proses pengendapan ditunjukkan oleh Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Proses pengendapan

### 3.3.6. Pencucian dan Pengeringan

Proses pencucian dilakukan agar kadar garam yang dihasilkan dari proses pengendapan berkurang.  $Zr(OH)_4$  disaring kemudian filtrat hasil penyaringan diambil kembali untuk kemudian dilarutkan kembali dalam aquades untuk kemudian disaring kembali. Garam dapat muncul dikarenakan larutan  $ZrOCl_2$  yang bersifat asam mengalami pencampuran dengan larutan  $NH_4OH$  yang bersifat basa. Proses pencucian dapat berjalan beberapa kali penyaringan. Kandungan garam perlu diturunkan agar didapatkan larutan  $Zr(OH)_4$  yang bebas pengotor sehingga akan didapatkan serbuk  $ZrO_2$  yang murni.  $Zr(OH)_4$  yang sudah bebas garam kemudian dikeringkan agar kandungan air didalam endapan berkurang. Proses pengeringan ini dilakukan di dalam tungku pemanas dengan temperatur  $100^\circ C$  sampai hasil endapan benar-benar kering kemudian digerus hingga berbentuk serbuk. Hasil dari proses pengeringan ditunjukkan pada Gambar 3.6.

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

*SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA*

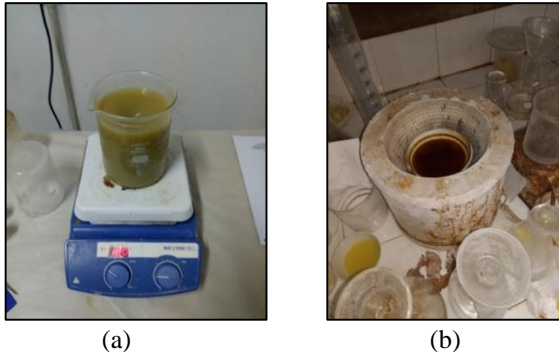
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



**Gambar 3.6** Hasil akhir setelah pengeringan  $Zr(OH)_4$

### 3.3.7. Metode Sol-Gel

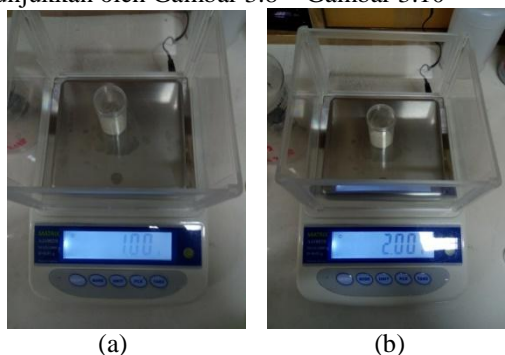
Serbuk  $Zr(OH)_4$  yang telah terbentuk dicampur dengan ekstrak belimbing wuluh dengan perbandingan mol serbuk dengan ekstrak adalah sebesar 2:1 dan diaduk dengan *Magnetic stirrer* hingga terbentuk sol. Kemudian dipanaskan pada temperatur  $120^\circ\text{C}$  hingga terbentuk gel. Kemudian dikeringkan lalu dikalsinasi pada temperatur  $800^\circ\text{C}$  selama 3 jam hingga terbentuk padatan  $ZrO_2$  kemudian digerus. Proses pengerjaan metode sol-gel ditunjukkan pada Gambar 3.7



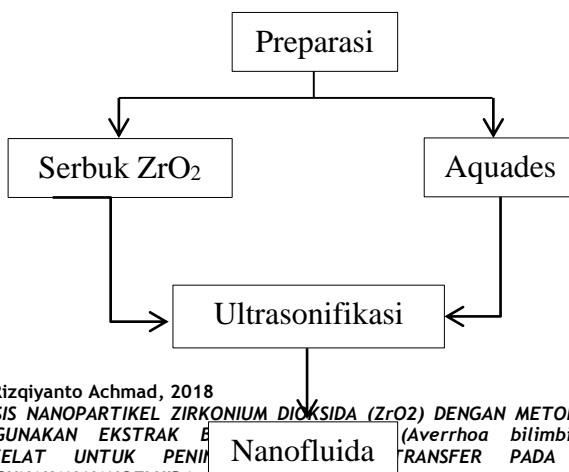
**Gambar 3.7** Sampel ketika (a) fase sol dan (b) fase gel

### 3.3.8. Sintesis Nanofluida (Metode Dua Langkah)

Serbuk  $ZrO_2$  yang telah siap ditimbang dengan massa 1 gram dan 2 gram kemudian masing – masing serbuk dilarutkan dalam aquades sebanyak 1 liter dan dilakukan ultrasonifikasi selama 2 jam dengan *ultrasonic bath* agar nanopartikel  $ZrO_2$  dapat terdispersi seluruhnya dalam air. Secara umum, proses sintesis nanofluida dengan metode dua langkah ditunjukkan oleh Gambar 3.8 – Gambar 3.10



**Gambar 3.8** Proses penimbangan serbuk  $ZrO_2$  untuk nanofluida



Arief Rizqiyanto Achmad, 2018  
 SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL  
 MENGGUNAKAN EKSTRAK *(Averrhoa bilimbi)* SEBAGAI  
 PENGKELAT UNTUK PENYERAPAN DAN TRANSFER PADA RADIATOR  
 MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA

**Gambar 3.9** Bagan tahapan pembuatan nanofluida air-ZrO<sub>2</sub>



**Gambar 3.10** Ultrasonifikasi suspensi nanofluida

### 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan untuk pembuatan nanopartikel dan nanofluida ZrO<sub>2</sub> terangkum dalam Tabel 3.2 dan Tabel 3.3

**Tabel 3.2**  
Alat yang digunakan untuk penelitian

No	Alat yang digunakan	Fungsi
1.	Timbangan digital	Alat untuk menimbang bahan yang dibutuhkan.
2.	Spatula	Alat untuk mengambil bahan.
3.	Beaker glass (250 ml, 500 ml, dan 1000 ml)	Tempat yang digunakan untuk melarutkan bahan dasar
4.	Magnetic hot plate stirrer	Alat yang digunakan untuk mengaduk bahan dasar dengan pelarutnya.
5.	Batang pengaduk	Sebagai pengaduk larutan.
6.	pH meter	Alat untuk mengukur pH.

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



7.	Laser <i>infrared</i>	Alat untuk mengecek temperatur larutan.
8.	Pipet tetes	Digunakan untuk mengambil HCl 5 M dan $NH_4OH$ (pada proses pengendapan).
9.	Cawan porselen	Digunakan untuk menyimpan endapan ketika proses pengeringan dan kalsinasi.
10.	Tungku	Digunakan untuk mengeringkan endapan dan kalsinasi.
11.	Mortar alu	Digunakan untuk menggerus bahan yang telah dikalsinasi.
12.	Tempat sampel	Untuk menyimpan sampel setelah di gerus.
13.	Ultrasonic Bath	Alat untuk menggetarkan nanofluida agar seluruh nanopartikel dalam fluida larut

**Tabel 3.3**

Bahan – bahan yang digunakan untuk penelitian

No	Bahan yang digunakan	Jumlah	Fungsi
1.	Pasir Zirkon Lokal ( $ZrSiO_4$ )	100 gram	Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel
2.	Natrium Hidroksida ( $NaOH$ )	180 gram	Bahan yang digunakan untuk fusi kaustrik $ZrSiO_4$
3.	Aquades	Secukupnya	Untuk melarutkan hasil kalsinasi dan pencucian endapan serta sebagai fluida dasar untuk nanofluida
4.	Asam Klorida ( $HCl$ ) 5 M	Secukupnya	Untuk pelindian $NaZrO_3$ menjadi $ZrOCl_2$
5.	Amoniak	Secukupnya	Untuk mengendapkan

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

*SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

	$(NH_4OH)$		larutan $ZrOCl_2$ menjadi $Zr(OH)_4$
6.	Buah Belimbing Wuluh	1,5 kilogram	Untuk proses sol-gel nanopartikel

### 3.5 Proses Karakterisasi

Serbuk  $ZrO_2$  dan nanofluida air- $ZrO_2$  yang telah disintesis akan dilakukan karakterisasi untuk mengetahui karakteristik serbuk  $ZrO_2$ , kestabilan nanofluida air- $ZrO_2$ , serta *Heat Transfer*-nya. Secara rinci penjelasan dari setiap karakterisasi dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.5.1. Karakterisasi Serbuk $ZrO_2$

Karakterisasi Serbuk  $ZrO_2$  dilakukan dengan melakukan karakterisasi kristal serbuk  $ZrO_2$  menggunakan *X-Ray Diffraction* serta karakterisasi *Surface Area* serbuk  $ZrO_2$  menggunakan *Surface Area Meter*

##### 3.5.1.1. Karakterisasi Kristal Serbuk $ZrO_2$

Karakterisasi sifat kristal adalah karakterisasi dengan menggunakan sinar-X yang ditembakkan ke sampel guna mendapatkan sinar difraksi yang muncul dari sampel. Dalam karakterisasi ini, akan didapatkan sifat kristal dari sampel yang akan dikarakterisasi. Adapun sampel yang dilakukan karakterisasi adalah serbuk  $ZrO_2$  yang disintesis dengan menggunakan metode sol-gel dengan mencampur serbuk  $Zr(OH)_4$  dengan ekstrak belimbing wuluh yang kemudian dikalsinasi pada temperatur  $800^\circ C$  selama 3 jam. Sampel ini kemudian ditembak dengan sinar-X yang memiliki panjang gelombang  $CuK_{\alpha 1} = 1,5406 \times 10^{-10} m$ . Dalam penelitian ini, karakterisasi dilakukan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri (FTI) Institut Teknologi Bandung yang berlokasi di Jalan Ganesha No. 10 Bandung 40132.

##### 3.5.1.2. Karakterisasi *Surface Area* Serbuk $ZrO_2$

Karakterisasi *Surface Area* digunakan untuk menentukan luas permukaan material. Faktor yang dapat mempengaruhi luas permukaan material adalah ukuran partikel, susunan pori, dan bentuk pori partikel.

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pada penelitian ini sampel yang digunakan untuk karakterisasi *Surface Area* adalah serbuk  $ZrO_2$  sejumlah 1 gram dengan alat karakterisasi yaitu *Surface Area Meter NOVA 2200e*. Serbuk  $ZrO_2$  yang telah dimasukkan kedalam alat *Surface Area Meter* kemudian dimasukkan gas  $N_2$  sebagai absorbate, semakin banyak gas  $N_2$  yang diserap oleh serbuk maka akan semakin besar pula nilai *surface area* yang dimiliki oleh serbuk. Penentuan luas permukaan partikel dapat digunakan untuk mengetahui ukuran partikel serta seberapa keroposnya partikel tersebut. Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan Bidang Teknofisika Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT – BATAN) Bandung.

### 3.5.2. Karakterisasi Stabilitas Nanofluida air- $ZrO_2$

Karakterisasi nanofluida dilakukan untuk mengetahui sifat nanofluida yang telah disintesis. Dilakukan dua jenis karakterisasi nanofluida, yaitu potensial zeta nanofluida dan pengamatan visual nanofluida.

#### 3.5.2.1. Potensial Zeta Nanofluida air- $ZrO_2$

Potensial Zeta diperlukan untuk mengetahui kestabilan suspensi nanofluida. Alat yang digunakan dalam karakterisasi potensial zeta nanofluida ini adalah *Malvern Zetasizer Nano*. Prinsip kerja potensial zeta pada alat ini adalah dengan mengukur ion permukaan partikel.

Pada penelitian ini, disiapkan 2 sampel nanofluida yaitu nanofluida dengan konsentrasi 0,1% wt dan 0,2% wt. setelah diketahui nilai dari potensial zeta dari kedua sampel, maka akan dilakukan analisis nilai potensial zeta terhadap konsentrasi dari nanofluida yang telah dikarakterisasi tersebut. Dalam penelitian ini, Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan Bidang Teknofisika Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan–Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT–BATAN) Bandung.

#### 3.5.2.2. Pengamatan Visual Nanofluida air- $ZrO_2$

Nanofluida senantiasa akan mengalami pengendapan dalam waktu tertentu. Pengamatan visual terhadap nanofluida dilakukan untuk mengetahui kondisi nanofluida. Pengamatan dilakukan selama 14 hari.

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

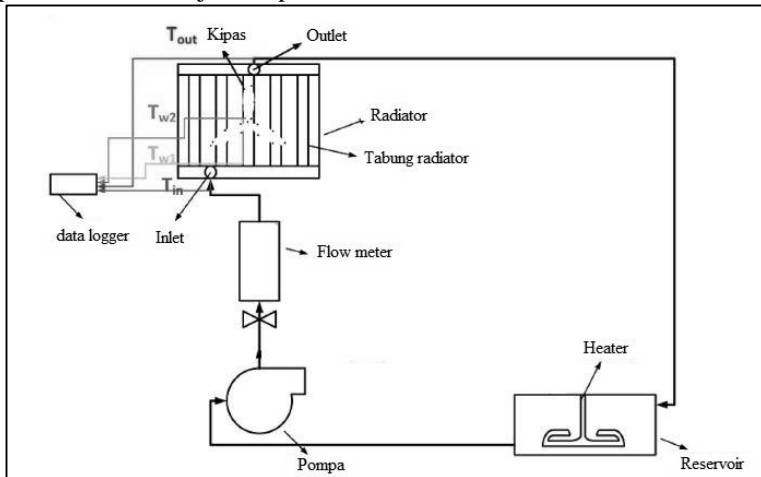
**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Nanofluida dipotret setiap hari menggunakan kamera digital pada setiap konsentrasi guna mengetahui sedimentasi nanofluida sepanjang 14 hari pengamatan. Kemudian, berdasarkan potret nanofluida yang didapatkan pada hari ke-8 dan hari ke-14 dapat dibandingkan untuk mengetahui keadaan nanofluida pada hari tersebut serta menunjukkan perubahan ketinggian permukaan nanofluida. Pengamatan visual nanofluida air-ZrO<sub>2</sub> dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan Bidang Teknofisika Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) Bandung.

### 3.5.3. Pengujian *Heat Transfer* Nanofluida air-ZrO<sub>2</sub> pada Radiator

Skema sistem eksperimen *heat transfer* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12.



**Gambar 3.11** Skema set eksperimen *heat transfer* (Alli, dkk. 2015)

Pada penelitian ini, panas mesin yang merupakan hasil dari proses pembakaran bahan bakar diganti dengan menggunakan kompor elektrik. Panas dari kompor elektrik akan diteruskan ke fluida secara konveksi sehingga membuat fluida menjadi panas. Fluida yang telah panas kemudian bergerak menuju radiator dengan dipompa oleh pompa listrik. Fluida kemudian bergerak menuju *upper hose* pada radiator dan masuk kedalam radiator dengan melewati tabung – tabung kapiler pada

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

radiator. Pada tabung – tabung ini, panas yang dimiliki fluida akan diserap oleh radiator yang kemudian akan membuat radiator memanas. Panas yang terkumpul pada radiator, dikeluarkan dengan kipas listrik sehingga membuat radiator kembali mendingin. Efek dari berpindahnya panas antara radiator dan fluida membuat fluida tersebut mengalami penurunan temperatur sehingga ketika keluar dari radiator melalui *lower hose*, fluida tersebut akan memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan ketika sebelum memasuki radiator. Fluida yang telah dingin tersebut kemudian bergerak kembali ke *heater* untuk kembali menyerap panas.



**Gambar 3.12** Set Eksperimen *Heat Transfer* pada Radiator

Data yang akan diamati saat eksperimen ini adalah temperatur fluida yang masuk ke radiator ( $T_{in}$ ), temperatur fluida yang keluar dari radiator ( $T_{out}$ ), temperatur udara yang dilepas oleh kipas listrik ( $T_a$ ), temperatur dinding radiator ( $T_w$ ), serta laju aliran fluida. Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan menggunakan air dan nanofluida sebagai fluida kerja. Nanofluida yang digunakan adalah nanofluida yang memiliki konsentrasi 0,1% wt dan 0,2% wt. Pengukuran

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dilakukan pada temperatur inlet ( $T_{in}$ ) fluida kerja pada radiator dijaga tetap yaitu 50°C. Data temperatur didapatkan dengan menggunakan termokopel tipe K yang terpasang pada data logger temperatur. Sedangkan laju aliran fluida diukur dengan menggunakan sensor *flow meter* yang diintegrasikan dengan Arduino. Spesifikasi alat dimensi radiator yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5

**Tabel 3.4**

Spesifikasi alat yang digunakan untuk eksperimen *heat transfer*

No	Alat	Spesifikasi
1.	<i>Fan</i>	(120 x 120 x 38) mm
2.	Radiator	150 cc
3.	Selang air	3 inci
4.	Kompur Elektrik	-
5.	Pompa	Amara SP 1200A
6.	Termokopel	Tipe K
7.	Arduino	Arduino Uno
8.	<i>Data Logger</i>	Huato 804

**Tabel 3.5**

Dimensi radiator yang digunakan dalam eksperimen

No	Parameter	Nilai
1	Panjang tabung radiator	150 mm
2	Lebar tabung radiator	26.25 mm
3	Tebal tabung radiator	2 mm
4	Jumlah tabung radiator	19
5	Panjang <i>fin</i> radiator	8.75 mm
6	Lebar <i>fin</i> radiator	26.25 mm
7	Tebal <i>fin</i> radiator	0.26 mm
8	<i>Outer fin radiator area</i> ( $A_a$ )	11062.8 cm <sup>2</sup>

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFUIDA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

### 3.6 Analisis Data

Setelah karakterisasi sampel dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data yang didapat dari karakterisasi sampel. Analisis diperlukan guna mendapatkan kesimpulan dari permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Penjelasan dari analisis data ditunjukkan sebagai berikut

#### 3.6.1. Penentuan Struktur Kristal, Parameter Kisi, dan Ukuran Kristalit

Struktur kristal, parameter kisi, serta ukuran kristalit dapat ditentukan setelah dilakukan analisis. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristal dari serbuk ZrO<sub>2</sub> yang disintesis dengan metode sol-gel dengan menggunakan ekstrak belimbing wuluh sebagai pengkelat. Struktur kristal dapat diketahui dengan melakukan pencocokan data *X-Ray Diffraction* dengan menggunakan aplikasi *Match!3*. Dari pencocokan ini, maka akan didapatkan nilai – nilai puncak difraksi untuk kemudian ditentukan indeks miller dan parameter kisi. Ukuran kristal dari serbuk ZrO<sub>2</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* yang ditunjukkan oleh Persamaan 3.1 (Murade, dkk. 2010)

$$D = \frac{K\lambda}{B \cos \theta} \quad (3.1)$$

dengan,

- $D$  : Ukuran Kristalit
- $K$  : Konstanta *Shape Factor* (0.9)
- $\lambda$  : Panjang gelombang sinar-X
- $\theta$  : Sudut Bragg
- $B$  : FWHM

#### 3.6.2. Penentuan Ukuran Partikel

Ukuran partikel dapat dilakukan dengan mengetahui nilai luas permukaan partikel dari karakterisasi *Surface Area*. Pada penelitian ini, penentuan ukuran partikel dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dari serbuk ZrO<sub>2</sub> yang disintesis dengan metode sol-gel dengan menggunakan ekstrak belimbing wuluh sebagai pengkelat. Untuk menentukan ukuran partikel, dapat ditentukan dengan menggunakan

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

*SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (Averrhoa bilimbi) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

persamaan 3.2 (Abdullah, 2010) dengan asumsi bentuk partikel  $ZrO_2$  berupa *sphere* atau *quasi-sphere*.

$$D = \frac{6}{\rho \cdot S} \quad (3.2)$$

dengan,

- $D$  : Ukuran partikel  
 $\rho$  : massa jenis sampel  
 $S$  : luas permukaan jenis sampel

### 3.6.3. Penentuan Potensial Zeta Nanofluida air- $ZrO_2$

Pengukuran zeta potensial akan didapatkan 3 nilai potensial zeta untuk setiap sampel nanofluida. Nilai potensial zeta dari sampel nanofluida dapat ditentukan dengan merata-rata 3 nilai potensial zeta yang telah dikarakterisasi alat. Kemudian berdasarkan nilai rata-rata potensial zeta, maka akan diketahui bahwa nanofluida yang diindikasikan stabil, akan memiliki potensial zeta lebih dari  $\pm 30mV$  karena akan memiliki gaya yang mampu mencegah terjadinya penggumpalan pada partikel (Syarif & Prajitno, 2016). Analisis pengaruh konsentrasi nanofluida terhadap nilai potensial zeta dilakukan untuk mengetahui nanofluida pada konsentrasi berapa yang memiliki nilai potensial zeta terbaik.

### 3.6.4. Pengamatan Visual Nanofluida air- $ZrO_2$

Pengamatan visual nanofluida dilakukan dengan mengamati perubahan nanofluida air- $ZrO_2$  setiap hari, selama 14 hari. Pengamatan dilakukan guna mengetahui proses sedimentasi yang terjadi pada nanofluida. Kondisi yang diamati dari proses ini adalah dengan mengamati penurunan tinggi nanofluida, banyaknya endapan serbuk  $ZrO_2$  didasar nanofluida yang terbentuk, serta perubahan warna nanofluida. Nanofluida yang diindikasikan nanofluida yang stabil adalah nanofluida yang tidak mengalami proses sedimentasi selama kurang lebih 7 hari setelah nanofluida tersebut disintesis (Syarif & Prajitno, 2016) sehingga apabila nanofluida telah mengalami penurunan tinggi nanofluida secara drastis, muncul banyak endapan serbuk  $ZrO_2$  didasar nanofluida, serta nanofluida tersebut berubah warna menjadi bening sebelum melewati waktu 7 hari maka dapat diindikasikan bahwa nanofluida yang disintesis adalah nanofluida yang tidak stabil. Proses

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ ) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



pengamatan dilakukan dengan mengambil potret nanofluida pada hari ke-8 dan hari ke-14 setelah proses sintesis nanofluida. Pengambilan potret pada hari tersebut dilakukan guna mengetahui bagaimana kondisi nanofluida setelah melewati hari ke-7 serta waktu lebih jauh dari hari ke-7.

### 3.6.5. Penentuan *Heat Transfer*

*Heat transfer rate* dan *heat transfer coefficient* pada set eksperimen *heat transfer* pada radiator dapat ditentukan setelah dilakukan analisis. Dalam analisis ini, sampel fluida kerja yang digunakan adalah air dan nanofluida dengan konsentrasi 0.1% wt dan 0.2% wt. Laju *heat transfer* fluida kerja dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.3 (Selvam, dkk., 2017)

$$Q = \dot{m}c_p(T_{in} - T_{out}) \quad (3.3)$$

dengan,

$Q$  : laju *heat transfer*

$\dot{m}$  : laju aliran massa

$T_{in}$  : temperatur fluida yang memasuki radiator

$T_{out}$  : temperatur fluida yang keluar dari radiator

Besaran panas spesifik ( $C_p$ ) nanofluida yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pendekatan Persamaan 3.4 (Ali, dkk., 2015)

$$(\rho C_p)_{nf} = \varphi(\rho C_p)_{np} + (1 - \varphi)(\rho C_p)_{fd} \quad (3.4)$$

dengan,

$\rho$  : densitas

$\varphi$  : fraksi volume nanopartikel

$C_p$  : panas spesifik

Dimana nilai dari densitas nanofluida dinyatakan dalam persamaan 3.5 (Ali, dkk., 2015)

$$\rho_{nf} = \varphi\rho_{np} + (1 - \varphi)\rho_{fd} \quad (3.5)$$

‘np’, ‘fd’, dan ‘nf’ merupakan singkatan dari nanopartikel, fluida dasar, dan nanofluida.

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Sedangkan untuk menentukan *heat transfer coefficient* dapat menggunakan persamaan 3.6 (Selvam., dkk. 2017)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\eta_0 h_a} + \frac{1}{\left(\frac{A_{nf}}{A_a}\right) h_{nf}}} \quad (3.6)$$

dengan,

$U$  : Overall heat transfer coefficient

$\eta_0$  : total efisiensi radiator

$h_{nf}$  : heat transfer coefficient sisi fluida kerja

$h_a$  : heat transfer coefficient sisi udara

$A_{nf}$  : inner surface (fluid side) area of radiator

$A_a$  : outer surface (air side) area of radiator

Dimana nilai  $h_{nf}$ ,  $h_a$ , dan  $\eta_0$  ditunjukkan oleh Persamaan 3.7 – Persamaan 3.10 (Selvam, dkk., 2017) sebagai berikut

$$h_{nf} = \frac{Q}{A_{nf}(T_b - T_w)} \quad (3.7)$$

dengan,

$Q$  : laju heat transfer

$T_b$  : temperatur bulk fluida kerja

$T_w$  : temperatur dinding radiator

$A_{nf}$  : inner surface (fluid side) area of radiator

$$h_a = \frac{Q}{A_a(T_w - T_a)} \quad (3.8)$$

dengan,

$Q$  : laju heat transfer

$T_a$  : temperatur bulk udara

$T_w$  : temperatur dinding radiator

$A_a$  : outer surface (air side) area of radiator

$$\eta_0 = \left(\frac{A_f}{A_a}\right) \eta + 1 - \left(\frac{A_f}{A_a}\right) \quad (3.9)$$

dimana,

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$\eta = \frac{\tanh(mL)}{mL} \quad ; \quad m = \sqrt{\frac{2h_a}{kt}} \quad (3.10)$$

dengan,

$\eta_0$  : total efisiensi radiator

$\eta$  : efisiensi *fin* radiator

$A_f$  : luas *fin* radiator

$A_a$  : *outer surface (air side) area of radiator*

$L$  : panjang *fin* radiator

$k$  : konduktivitas termal dari aluminium pada *fin* radiator

$t$  : tebal *fin* radiator

Hasil dari penentuan *heat transfer rate* dan *Overall heat transfer coefficient* tersebut kemudian dapat ditunjukkan dalam bentuk grafik hubungan antara *heat transfer rate* terhadap konsentrasi nanofluida, grafik hubungan antara *heat transfer coefficient nanofluid side* terhadap konsentrasi nanofluida, dan grafik hubungan antara *overall heat transfer coefficient* terhadap konsentrasi nanofluida.

Arief Rizqiyanto Achmad, 2018

**SINTESIS NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA (ZrO<sub>2</sub>) DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN EKSTRAK BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*) SEBAGAI PENGKELAT UNTUK PENINGKATAN HEAT TRANSFER PADA RADIATOR MENGGUNAKAN NANOFLUIDA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu