

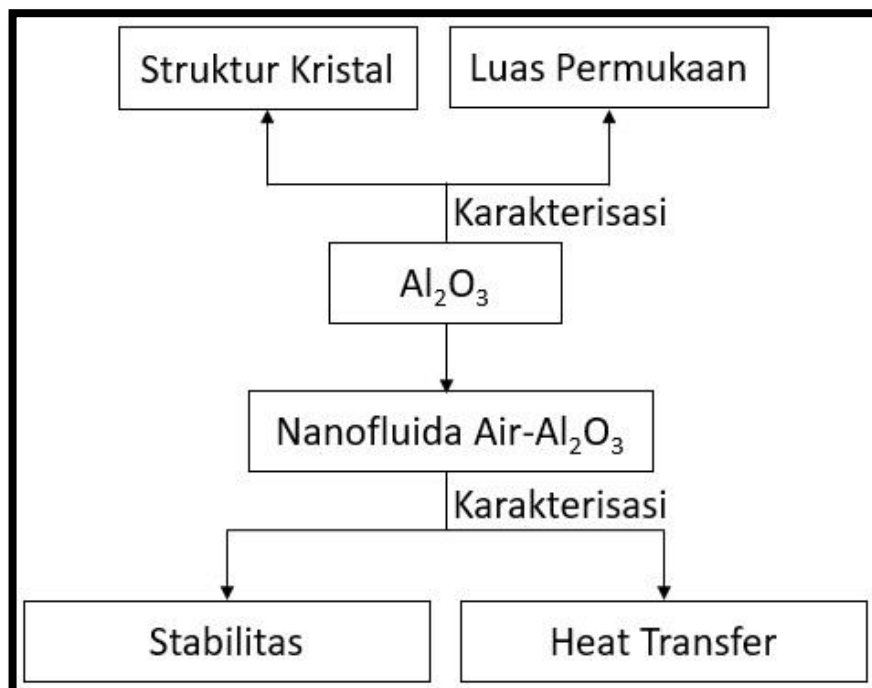
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2018 – Juli 2020 dan bertempat di Laboratorium Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT - BATAN) yang berlokasi di Jl. Tamansari No. 71 Cobleng, Kota Bandung, Jawa Barat (40132).

3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian pembuatan nanofluida air- Al_2O_3 dari nanopartikel Al_2O_3 hasil sintesis menggunakan metode sol gel dengan tepung tapioka sebagai *capping agent* untuk aplikasi pada radiator secara umum ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Ada dua sampel dalam penelitian ini yaitu sampel serbuk Al_2O_3 dan nanofluida air- Al_2O_3 . Sintesis nanopartikel Al_2O_3 dilakukan dengan metode sol gel dengan tepung tapioka sebagai *capping agent*. Karakterisasi struktur kristal serbuk Al_2O_3 menggunakan *X-Ray Diffraction* dan karakterisasi luas permukaan jenis serbuk Al_2O_3 menggunakan

Diki Yuliardi, 2020
PEMBUATAN NANOFLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

Surface Area Meter. Sampel nanofluida air- Al_2O_3 dibuat dengan perbandingan konsentrasi nanofluida yaitu 0,1 wt% dan 0,2 wt%. Karakterisasi stabilitas dengan melakukan pengamatan visual nanofluida dan pengukuran potensial zeta. Karakterisasi *heat transfer* menggunakan set alat radiator.

3.3 Alat dan Bahan

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan nanopartikel Al_2O_3 .

Tabel 3.1
Alat yang digunakan selama penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	Neraca digital	Alat untuk menimbang bahan
2.	<i>Beaker glass</i> (300 ml, 500 ml, 1000 ml)	Tempat untuk melarutkan bahan
3.	Botol semprot	Alat untuk menyimpan aquades
4.	Batang pengaduk	Alat untuk mengaduk
5.	Spatula	Alat untuk mengambil bahan
6.	Kaca arloji	Sebagai alas saat menimbang
7.	Mortar alu	Alat untuk menghaluskan bahan
8.	Panci <i>Presto</i>	Alat untuk mengekstraksi
9.	Kertas saring	Pemisah antara filtrat dan residu
10.	Labu erlenmeyer	Sebagai penampung filtrat
11.	Corong	Alat bantu untuk menyaring dan menuangkan bahan
12.	<i>Magnetic hot plate stirrer</i>	Sebagai pengaduk dan pemanas bahan dasar dengan pelarutnya
13.	pH meter	Alat pengukur pH larutan
14.	Pipet tetes	Alat untuk mengambil HCL 5 M, AgNO_3 , HNO_3 dan NH_4OH
15.	Wadah untuk menyimpan endapan untuk kalsinasi	
16.	Tungku (<i>Furnace</i>)	Alat untuk pengeringan dan kalsinasi

Diki Yulardi, 2020

PEMBUATAN NANOFLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

17.	Wadah sampel	Tempat untuk menyimpan sampel
18.	Termometer infrared	Alat untuk mengukur suhu larutan
19.	<i>Ultrasonic Bath</i>	Alat untuk menggetarkan larutan fluida dasar dengan nanopartikel agar menjadi nanofluida
20.	Huato 304A	Alat untuk mengukur suhu nanofluida pada radiator untuk percobaan <i>heat transfer</i>
21.	Set alat XRD	Alat untuk mengetahui struktur kristal nanopartikel yang telah dibuat
22.	<i>Quanthachrome NovaWin versi 11.03</i>	Alat untuk mengetahui ukuran partikel serbuk yang telah dibuat
23.	<i>Malvern Zetasizer</i>	Alat untuk mengetahui nilai potensial zeta nanofluida
24.	Set Alat <i>heat transfer</i> pada radiator	Alat karakterisasi <i>heat transfer</i> pada radiator

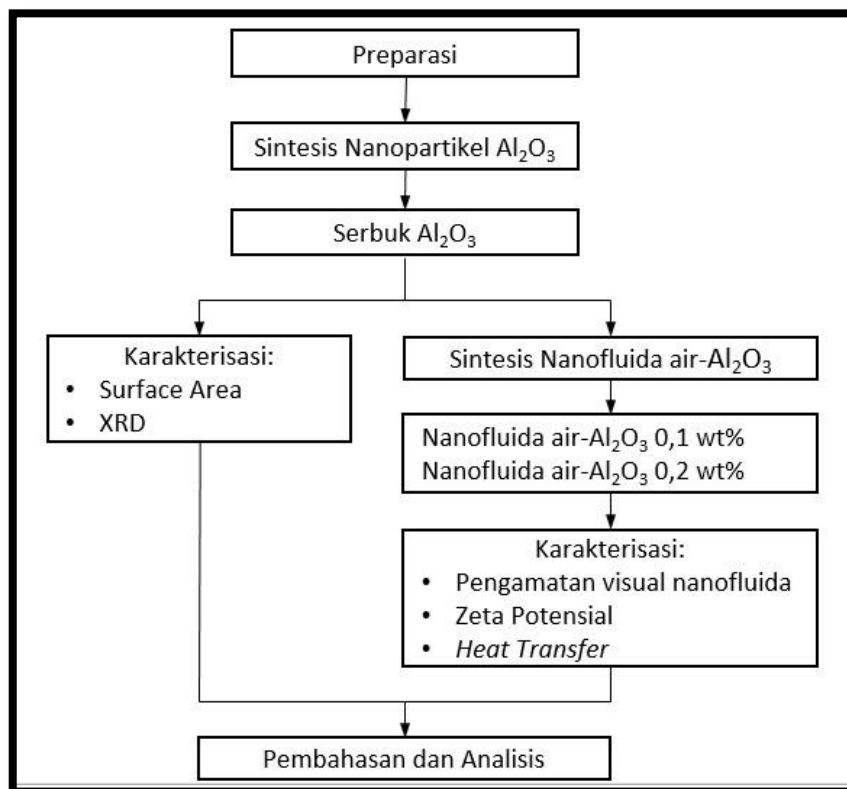
Tabel 3.2

Bahan yang digunakan selama penelitian

No.	Bahan	Jumlah	Fungsi
1.	Bijih Bauksit Lokal	100 gr	Bahan utama untuk pembuatan nanopartikel Al_2O_3
2.	NaOH	180 gr	Bahan yang digunakan
3.	Aquades	1300 ml	Pelarut
4.	Asam Klorida (HCL) 5 M	Secukupnya	Untuk mengendapkan larutan Na Alumina dan melarutkan $Al(OOH)$ saat proses solgel
5.	$AgNO_3$	Secukupnya	Uji garam
6.	HNO_3	Secukupnya	Uji Garam
7.	Tepung Tapioka	Secukupnya	<i>Capping Agent</i>

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dengan sintesis nanopartikel Al_2O_3 . Serbuk Al_2O_3 dibagi dua sampel satu sampel untuk karakterisasi *Surface Area* dan XRD dan satu sampel lainnya digunakan untuk sintesis nanofluida. Nanofluida yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dengan pengamatan visual nanofluida, potensial zeta dan *heat transfer* pada radiator. Tahapan penelitian secara umum ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tahapan penelitian

Penjelasan secara rinci tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut

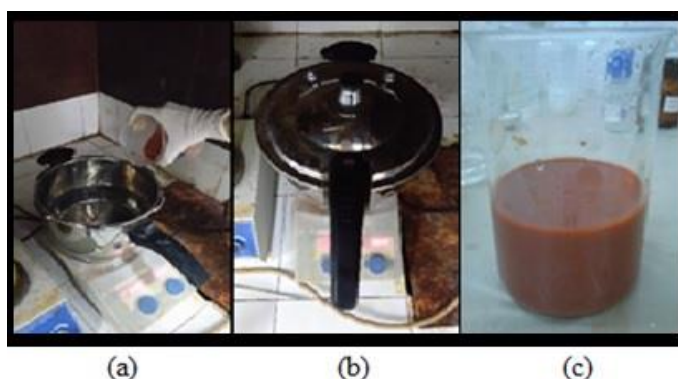
3.4.1 Pembuatan Serbuk Nanopartikel Al_2O_3

3.4.1.1 Preparasi Bahan

Tahapan pertama pembuatan serbuk Al_2O_3 adalah persiapan bahan. Bahan yang digunakan antara lain 100 gr bijih bauksit, 180 gr NaOH, dan 1,3 L aquades. Kemudian bijih bauksit dan NaOH digerus menggunakan mortal alu, setelah halus campurkan keduanya.

3.4.1.2 Pemanasan

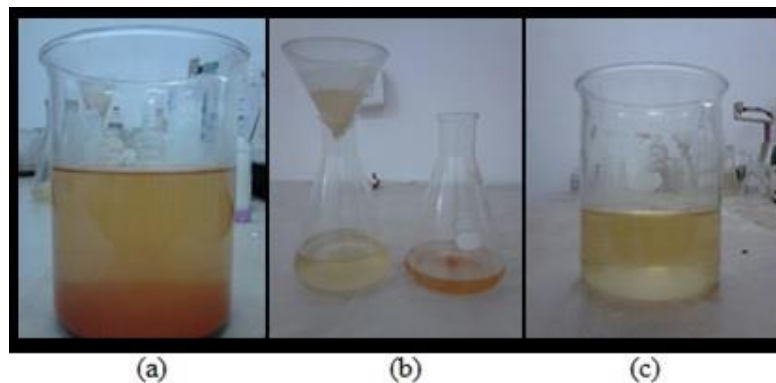
Tahapan selanjutnya yaitu ekstraksi yaitu campuran bijih bauksit dan NaOH dipanaskan dengan 1300 ml aquades di dalam panci *presto* selama 1,5 jam pada suhu $300^{\circ}C$ (suhu *Magnetic Hot Plate Stirrer*). Setelah itu larutan hasil ekstraksi (Na Aluminium + *red mud*) dituangkan ke dalam gelas beaker dan diamkan semalam agar mengendap. Proses pemanasan ini ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 a. Penuangan campuran bauksit +NaOH ke dalam panci presto
b. Pemanasan c. Hasil ekstraksi

3.4.1.3 Penyaringan

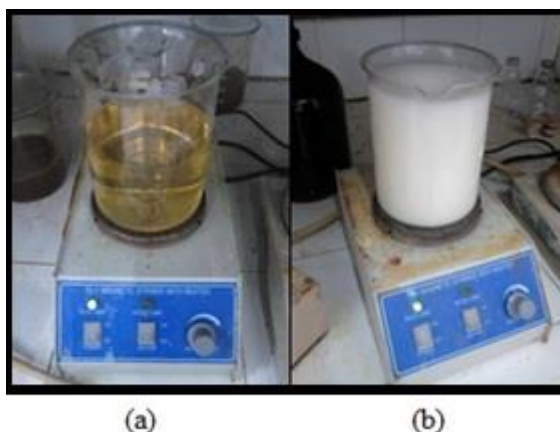
Larutan Na Aluminium yang sudah didiamkan semalam disaring menggunakan kertas saring sehingga terpisah antara filtrat dan residunya, dalam hal ini filtrat Na Aluminium yang diambil. Penyaringan dilakukan sebanyak dua kali. Proses penyaringan ini ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 a. Endapan dan filtrat terpisah b. Penyaringan c. Natrium Alumina bersih

3.4.1.4 Kristalisasi

Larutan Na Aluminium dipanaskan menggunakan HCL 5M agar terbentuk endapan. Setelah mengendap ukur pH larutannya menggunakan pH meter. Karena pH masih tinggi tambahkan HCL 5M sedikit demi sedikit hingga pH-nya netral (± 7). Proses kristalisasi ini ditunjukkan pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 a. Pemanasan Natrium Alumina b. pemberian HCL 5M

3.4.1.5 Pencucian

Setelah larutan bersifat netral, lakukan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan residunya. Ganti filtrat dengan aquades kemudian saring. Hal ini dilakukan berulang kali sampai kandungan garam pada larutan menghilang. Pengujian kandungan garam dilakukan menggunakan AgNO_3 dan HNO_3 . Proses pencucian ini ditunjukkan pada Gambar 3.6.

Diki Yuliardi, 2020

PEMBUATAN NANOFLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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



Gambar 3.6 Pencucian

3.4.1.6 Pengeringan

Tahapan selanjutnya, setelah kandungan garam hilang dari larutan lakukan penyaringan untuk mengambil endapan aluminium. Endapan tersebut dikeringkan di tungku pada suhu 110°C kemudian gerus sampai halus. Hasil dari pengeringan ini merupakan $\text{Al}(\text{OOH})$ yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.

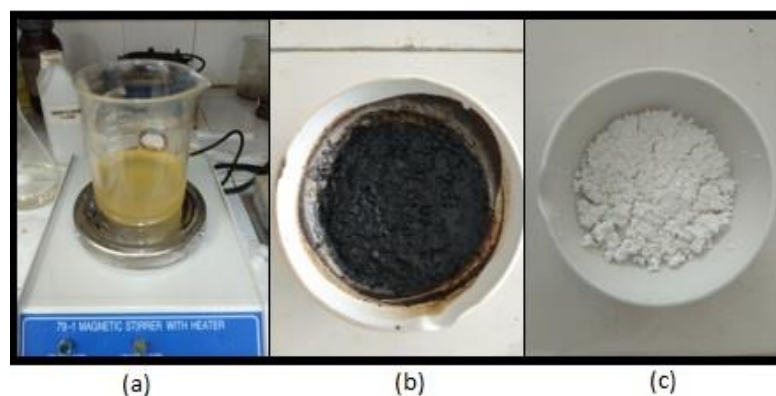


Gambar 3.7 Serbuk $\text{Al}(\text{OOH})$

3.4.1.7 Metode Sol Gel

$\text{Al}(\text{OOH})$ dilarutkan dalam HCl 5M dengan tepung tapioka menggunakan *Magnetic stirrer*. Setelah larut, panaskan pada temperatur $100\text{-}150^{\circ}\text{C}$ dalam tungku hingga kering. Selanjutnya kalsinasi pada temperatur 1200°C selama 1 jam hingga

terbentuk padatan Al_2O_3 kemudian digerus. Proses sol gel ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 a. Pelarutan $\text{Al}(\text{OOH})$ +Tepung Tapioka+HCL 5M b. Pengeringan gel c. Al_2O_3

3.4.2 Sintesis Nanofluida Air- Al_2O_3

Nanofluida disintesis menggunakan metode dua langkah. Serbuk nanopartikel Al_2O_3 ditimbang masing-masing 1 dan 2 gr. Selanjutnya masing-masing serbuk Al_2O_3 dimasukan ke dalam satu liter air distilasi. Atur pH nanofluida agar mencapai pH 10 dengan menambahkan amonia (NH_4OH). Setelah itu diultrasonifikasi selama dua jam di *ultrasonic bath* agar nanopartikel terdispersi merata pada air. Proses ultrasonifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Ultrasonifikasi

Diki Yuliardi, 2020

PEMBUATAN NANOFLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

3.4.3 Karakterisasi Nanopartikel Al₂O₃

3.4.3.1 Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi XRD ini dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, orientasi bidang kristal (hkl) dan ukuran kristal nanopartikel Al₂O₃. Karakterisasi XRD dilakukan menggunakan instrumen XRD yang bertempat di Institut Teknologi Bandung Jl. Ganesha Np. 10, Lb. Siliwangi, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat (40132).

3.4.3.2 Karakterisasi *Surface Area*

Karakterisasi *surface area* dilakukan untuk mengetahui luas permukaan dan ukuran partikel serbuk Al₂O₃. Karakterisasi ini menggunakan alat instrumen *Quantachrome NovaWin versi 11.03*. Karakterisasi ini dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT - BATAN) yang berlokasi di Jl. Tamansari No. 71 Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat (40132).

3.4.4 Karakterisasi Stabilitas Nanofluida Air-Al₂O₃

3.4.4.1 Pengamatan Visual Nanofluida Air-Al₂O₃

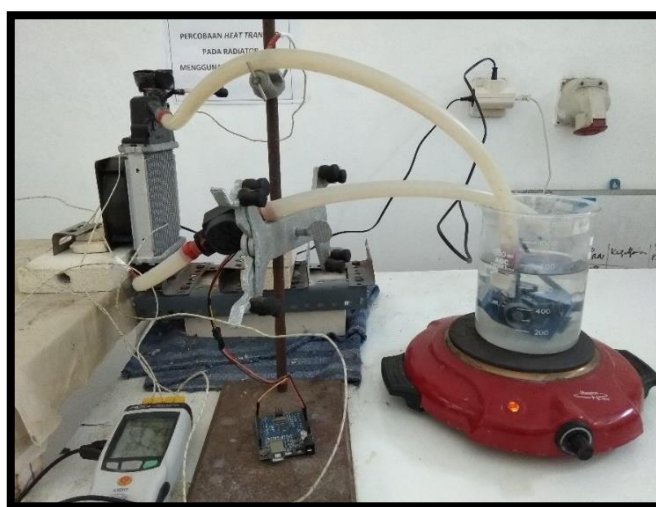
Pengamatan visual dilakukan untuk mengetahui secara kualitatif stabilitas dari nanofluida air-Al₂O₃. Pengamatan ini dilakukan dengan mendokumentasikan visual dari dua sampel nanofluida 0,1 wt% dan 0,2 wt% menggunakan kamera dari telepon genggam. Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT - BATAN) yang berlokasi di Jl. Tamansari No. 71 Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat (40132).

3.4.4.2 Potensial Zeta Nanofluida Air-Al₂O₃

Pengukuran zeta potensial dilakukan untuk mengetahui secara kuantitatif kestabilan dari nanofluida air-Al₂O₃. Pengukuran ini menggunakan alat *Malvern Zetasizer*. Pengukuran ini dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT - BATAN) yang berlokasi di Jl. Tamansari No. 71 Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat (40132).

3.4.5 Pengukuran *Heat Transfer* Nanofluida Air- Al_2O_3

Pengukuran *heat transfer* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar laju *heat transfer*, *Convective Heat Transfer Coefficient* (h_{nf}), dan *Overall Heat Transfer Coefficient* (U) dari set alat radiator menggunakan nanofluida air- Al_2O_3 sebagai pendingin. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT - BATAN) yang berlokasi di Jl. Tamansari No. 71 Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat (40132). Set alat yang digunakan untuk karakterisasi sifat listrik ditunjukkan Gambar 3.10 sebagai berikut:



Gambar 3.10 Set alat radiator

Spesifikasi alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3

Spesifikasi alat pengujian *heat transfer*

No	Alat	Spesifikasi
1	Radiator	150 cc
2	Kompor listrik	
3	Pompa	Amara SP 1200A
4	Kipas/ <i>Fan</i>	(120 x 120 x 38) mm
5	Selang	3 inci

Diki Yuliardi, 2020

PEMBUATAN NANOFLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

6	Termokopel	Tipe K
7	Data Logger	Huato 804
8	Arduino	Arduino Uno

Tabel 3.4

Dimensi radiator

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 fin radiator	8,75 mm
6	Lebar fin radiator	26,25 mm
7	Tebal fin radiator	0,26 mm
8	<i>Outer surface (air side) area of radiator (A_a)</i>	11062,8 cm ²
9	<i>Inner surface area of the tube (A_{nf})</i>	1567,8 cm ²

3.5.1 Analisis Data

Setelah melakukan karakterisasi tahapan selanjutnya yaitu analisis data hasil karakterisasi. Analisis data dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Teknik analisis data dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1.1 Analisis Pengaruh Penggunaan Capping Agent Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Kristal Nanopartikel Al₂O₃

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, orientasi bidang kristal (hkl) dan ukuran kristal nanopartikel Al₂O₃ hasil sintesis menggunakan metode sol gel dengan tepung tapioka sebagai *capping agent*. Fase kristal dapat diketahui dengan mencocokkan data *X-Ray Diffraction* dengan menggunakan aplikasi Match!3. Hasil dari data ini diperoleh nilai puncak-puncak pola difraksi sehingga dapat ditentukan nilai indeks miller. Uji *X-Ray Diffraction* juga dapat

Diki Yuliardi, 2020

PEMBUATAN NANOFLUIDA Al₂O₃ DARI NANOPARTIKEL Al₂O₃ HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

digunakan untuk mengetahui ukuran kristal. Ukuran kristal nanopartikel Al_2O_3 ditentukan menggunakan persamaan Debye-Scherrer (Kamil, 2016).

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

Dengan;

- D = ukuran kristal
- K = konstanta *Shape Factor* (0,9)
- λ = panjang gelombang sinar-X
- B = lebar setengah puncak (FWHM)
- θ = sudut difraksi

3.5.1.2 Analisis Pengaruh Penggunaan *Capping Agent* Tepung Tapioka Terhadap karakteristik Serbuk Nanopartikel Al_2O_3

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan aktif serbuk Al_2O_3 yang telah disintesis menggunakan *capping agent* tepung tapioka. Luas permukaan suatu sampel berbanding terbalik dengan ukuran partikel. Dengan mengasumsikan partikel berbentuk bola, maka ukuran partikel dapat diketahui menggunakan persamaan 2.3.

3.5.1.3 Analisis Pengaruh Penambahan Nanopartikel Al_2O_3 Terhadap Stabilitas Nanofluida Air- Al_2O_3

Terdapat dua cara untuk menganalisis kestabilan nanofluida yaitu analisis kualitatif dengan mengamati visual nanofluida dan analisis kuantitatif dengan mengukur potensial zeta nanofluida. Pengamatan visual merupakan salah satu cara untuk mengetahui kestabilan dari suatu suspensi. Pengamatan nanofluida air- Al_2O_3 dilakukan dengan mengamati perubahan kondisi nanofluida sejak awal sintesis hingga sedimentasi terjadi. Pengamatan ini dilakukan selama 5 hari.

Pengukuran potensial zeta dilakukan pada dua konsentrasi nanofluida air- Al_2O_3 yaitu 0,1 wt% dan 0,2 wt%. Hasil dari pengukuran ini dapat diketahui kestabilan nanofluida yang dihasilkan. Nanofluida yang stabil memiliki potensial zeta lebih dari ± 30 mV (Syarif, 2016). Nanofluida yang diukur memiliki dua konsentrasi yang berbeda sehingga dapat diketahui konsentrasi nanofluida air-

Diki Yuliardi, 2020

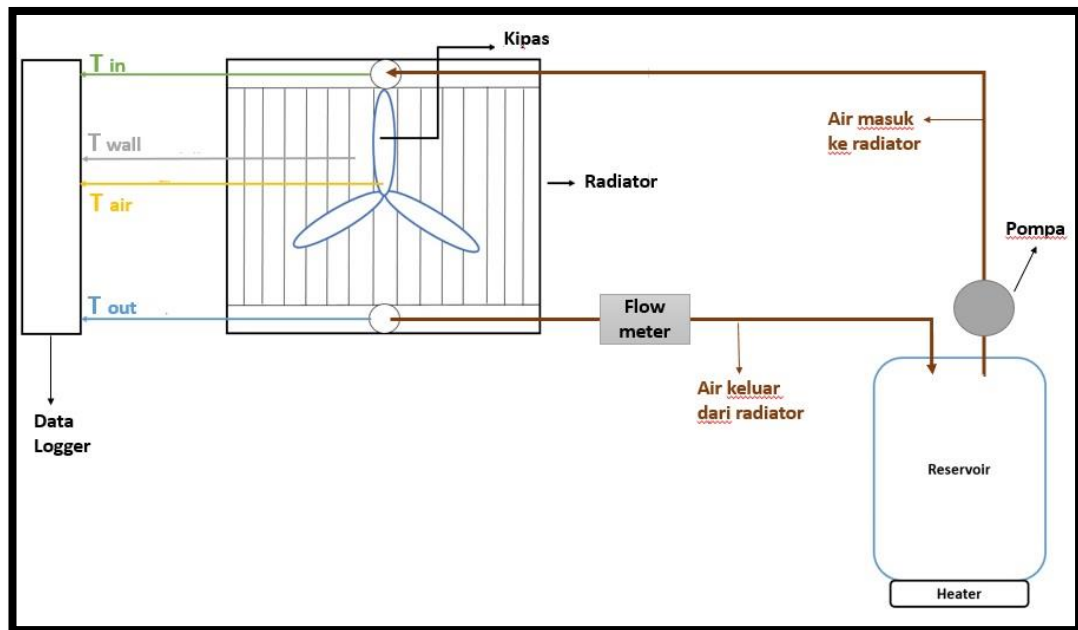
PEMBUATAN NANOFLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

Al_2O_3 yang memiliki nilai potensial zeta terbaik. Partikel pada nanofluida yang memiliki nilai potensial zeta tinggi akan memiliki gaya untuk mencegah partikel mengalami aglomerasi.

3.5.1.4 Analisis Pengaruh Penambahan Konsentrasi Al_2O_3 di dalam Nanofluida Al_2O_3 Terhadap Perpindahan Panas pada Set Alat Radiator

Pada penelitian ini nanofluida dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga mencapai temperatur 50°C . Panas dari kompor listrik ini untuk mengganti panas yang dihasilkan mesin saat proses pembakaran bahan bakar. Nanofluida yang telah dipanaskan kemudian dialirkan melalui selang menuju *upper tank* radiator menggunakan pompa listrik. Panas diserap oleh dinding radiator yang memiliki sirip-sirip. Pada sirip-sirip tersebut panas dari nanofluida akan diserap sehingga membuat radiator memanas. Panas pada radiator akan dikeluarkan dengan bantuan kipas listrik sehingga temperatur radiator menurun. Penurunan temperatur ini akibat adanya udara yang dialirkan melalui sirip-sirip tersebut. Perpindahan panas dari nanofluida ke radiator mengakibatkan penurunan temperatur nanofluida. Ketika nanofluida keluar dari *lower hose*, nanofluida tersebut memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan sebelum masuk ke *upper hose*. Nanofluida tersebut selanjutnya akan kembali dialirkan menuju ke tangki melalui selang *outlet* untuk kembali menyerap panas pada kompor listrik. Skema pengujian heat transfer diperlihatkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Skema pengujian perpindahan panas pada radiator

Proses perpindahan panas dari nanofluida yang masuk ke dalam radiator hingga dikeluarkan ke lingkungan dapat disederhanakan seperti pada Gambar 2.5. Laju *heat transfer* (Q) nanofluida dapat dirumuskan pada persamaan 3.2 (Selvam, dkk., 2017).

$$Q = \dot{m}C_p(T_{in} - T_{out}) \quad (3.2)$$

Dengan;

\dot{m} = laju aliran massa

C_p = panas spesifik

T_{in} = temperatur nanofluida masuk radiator

T_{out} = temperatur nanofluida keluar dari radiator

Besaran panas spesifik nanofluida pada penelitian ini menggunakan pendekatan dengan persamaan 3.3 (Ali, dkk., 2015).

$$(\rho C_p)_{nf} = \varphi(\rho C_p)_{np} + (1 - \varphi)(\rho C_p)_{fd} \quad (3.3)$$

Dengan,

ρ = densitas

φ = fraksi volume nanopartikel

Untuk densitas nanofluida digunakan pendekatan dengan persamaan 3.4 (Ali, dkk., 2015).

Diki Yuliardi, 2020

PEMBUATAN NANOFLLUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

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

Dimana nf, np, dan fd adalah nanofluida, nanopartikel dan fluida dasar.

Overall heat transfer coefficient (U) berdasarkan luas permukaan sisi udara, untuk perpindahan panas antara dua fluida yang dipisahkan oleh dinding dengan *fin*/sirip dapat menggunakan persamaan 3.5 (Selvam., dkk. 2017).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\eta_o h_a} + \frac{1}{\left(\frac{A_{nf}}{A_a}\right) h_{nf}}} \quad (3.5)$$

Dengan;

U = *Overall heat transfer coefficient*

η_o = total efisiensi radiator

h_{nf} = *Convective heat transfer coefficient* sisi fluida kerja

h_a = *Convective heat transfer coefficient* sisi udara

A_{nf} = *inner surface (fluid side) area of radiator*

A_a = *outer surface (air side) area of radiator*

Pada perpindahan panas konveksi antara fluida kerja dengan dinding radiator temperatur fluida kerja sepanjang selang bervariasi sehingga ditentukan satu titik pusat sebagai referensi (temperatur bulk). Luas permukaan yang digunakan adalah daerah yang hanya dilalui oleh fluida kerja panas yaitu di dalam tabung-tabung radiator. *Convective Heat Transfer Coefficient* sisi fluida kerja (h_{nf}) ditunjukkan pada persamaan 3.6 (Selvam., dkk. 2017).

$$h_{nf} = \frac{Q}{A_{nf}(T_b - T_w)} \quad (3.6)$$

Dengan;

Q = laju *heat transfer*

A_{nf} = *inner surface (fluid area) of radiator*

T_w = temperatur dinding radiator

T_b = temperatur bulk fluida kerja ($\frac{T_{in} + T_{out}}{2}$)

Proses konveksi terjadi juga antara dinding radiator dengan udara. Luas permukaan yang digunakan merupakan daerah luar radiator yaitu dinding radiator

yang bersentuhan dengan udara. Nilai *Convective Heat Transfer Coefficient* sisi udara (h_a) ditunjukkan oleh persamaan 3.7 (Selvam., dkk. 2017) sebagai berikut.

$$h_a = \frac{Q}{A_a(T_w - T_a)} \quad (3.7)$$

Dengan;

Q = laju *heat transfer*

A_a = *outer surface (air side) area of radiator*

T_w = temperatur dinding radiator

T_a = temperatur bulk udara

Dari persamaan 3.6 dapat diketahui bahwa nilai U bergantung pada luas permukaan yang dipilih. Radiator memiliki sirip/*fin* pada permukaannya yang bertujuan untuk memperbesar luas perpindahan panas. Perpindahan panas terjadi antara sirip-sirip/*fins* dan permukaan *unfinned* pada saat yang bersamaan. Untuk itu diperkenalkan istilah lain yaitu total efisiensi radiator (η_o). Total efisiensi radiator (η_o) dapat dicari menggunakan persamaan 3.8 (Selvam, dkk., 2017).

$$\eta_o = \left(\frac{A_f}{A_a}\right)\eta + 1 - \left(\frac{A_f}{A_a}\right) \quad (3.8)$$

Dimana;

η = efisiensi fin radiator

A_f = luas fin radiator

A_a = *outer surface (air side) area of radiator*

Efisiensi sirip/*fin* dalam mentransferkan panas dirumuskan pada persamaan 3.9 (Selvam, dkk., 2017).

$$\eta = \frac{\text{Perpindahan panas sebenarnya oleh sirip}}{\text{Perpindahan panas yang terjadi jika seluruh sirip berada pada temperatur dasar sirip}}$$

$$\eta = \frac{\tanh(mL)}{mL} \quad (3.9)$$

$$m = \sqrt{\frac{2h_a}{kt}} \quad (3.10)$$

Diki Yuliardi, 2020

PEMBUATAN NANOFUIDA Al_2O_3 DARI NANOPARTIKEL Al_2O_3 HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI DI RADIATOR

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

Dengan;

η_o = total efisiensi radiator

L = panjang fin radiator

k = konduktivitas termal aluminium pada fin radiator

t = tebal fin radiator

Hasil dari perhitungan laju *heat transfer*, *convective heat transfer coefficient* dan *overall heat transfer coefficient* masing-masing disajikan dalam bentuk grafik terhadap konsentrasi nanofluida. Sehingga dapat diketahui pengaruh konsentrasi nanofluida air- Al_2O_3 terhadap perpindahan panas pada sistem pendingin radiator.