

SINTESIS ZrO₂ NANOPARTIKEL DARI PASIR ZIRKON UNTUK APLIKASI PADA MODEL RADIATOR

ZrO₂ NANOPARTICLES SYNTHESIS FROM ZIRCON SAND FOR RADIATOR MODEL APPLICATION

Antita Kusuma Putri¹, M. Ramdhan Kirom, S.Si, M.Si²,
Dr. Abrar, S.Si, M.Sc³, Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng⁴

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

⁴Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN Bandung

¹Antitaputri@telkomuniversity.ac.id, ²Mramdlankirom@telkomuniveristy.co.id,

³Abrarselah@telkomuniversity.ac.id, ⁴Danigus@batan.go.id

Abstrak

Beberapa penelitian saat ini sedang mengembangkan konsep nanopartikel sebagai salah satu aplikasi dari nanoteknologi. Zirkonium merupakan bahan utama yang digunakan dalam pembuatan nanopartikel ini karena memiliki sifat tahan panas dan juga sifat anti korosif. Pada penelitian ini ZrO₂ nanopartikel diperoleh dengan proses ekstraksi dari pasir zirkon menjadi ZrOCl₂.8H₂O, kemudian disintesis menggunakan metode Sol-Gel menjadi ZrO₂ nanopartikel. Selanjutnya dibuat menjadi nanofluida air-ZrO₂ dan diukur pH dari campuran tersebut. Nanopartikel yang dibuat akan dianalisis struktur kristalnya dengan X-Ray Diffraction (XRD) dan diukur diameter partikelnya dengan menggunakan Surface Area Meter (SAM). Pada Penelitian ini nanofluida akan diaplikasikan pada radiator sebagai cairan pendingin radiator. Tujuannya agar nanofluida bisa menjadi penyerap panas yang baik sehingga dapat menurunkan suhu tinggi pada radiator mobil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi berbanding lurus dengan besar Δt yang terukur, yaitu untuk konsentrasi tertinggi 0,5 gram hasil penurunan diketahui sebesar 4,5°C dengan nilai koefisien kinerja radiator sebesar 266,07.

Kata Kunci : Nanopartikel, Nanofluida, Zirkonium, sol-gel.

Abstract

Some study is currently developing the concept of nanoparticle as one of applications of nanotechnology. Zirconium is the main material used in the manufacture of these nanoparticles because it has heat resistant properties and corrosive properties. In this study, ZrO₂ nanoparticles is obtained by extraction from zircon sand into ZrOCl₂.8H₂O, then synthesized by using Sol-Gel method into ZrO₂ nanoparticles. Subsequently, it is made into nanofluids water-ZrO₂ and measured the pH of the mixture. Nanoparticles which is made will be analyzed its crystal structure by X-Ray Diffraction (XRD) and the particle diameter is measured by Surface Area Meter (SAM)

In this study, nanofluids will be applied to radiator as a coolant radiator. The aim is nanofluids become a good heat sink so as to lower the high temperature in car radiator.

From the result of process of sol-gel derived ZrO₂ nanoparticles with a size of 14 nm by using Surface Area Meter. The results shows that the concentration is directly proportional to the measured great of Δt , that is the highest concentration of 0.5 gram of loss results known around 4,5°C with coefficient of performance radiator around 266.07.

Keyword: *Nanoparticle, nanofluids, zirconium, sol-gel*

1. Pendahuluan

Perpindahan panas merupakan sesuatu yang sangat penting dalam proses pendinginan. Proses perpindahan panas yang baik akan membuat kalor mengalir dengan baik dari suhu yang tinggi menuju suhu yang rendah. Untuk membuat radiator mencapai fungsi yang maksimal sebagai pendingin dari mesin mobil, diperlukan cairan pendingin

yang baik sehingga dapat menyerap panas dari mesin mobil dengan maksimal. Penggunaan zirkonium sebagai bahan dasar dalam pembuatan nanofluida ZrO₂-air karena zirkonium memiliki sifat anti korosif serta memiliki titik didih yang tinggi serta dibuat sebagai nanopartikel karena nanopartikel mempunyai luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap panas dengan baik.

Pemanfaatan senyawa zirconium yang melimpah adalah dengan mengekstrasi menjadi ZrClO₂.8H₂O kemudian mensintesis menjadi partikel yang berukuran nano ZrO₂ dimana partikel yang berukuran nano tersebut akan dicampurkan dengan fluida sehingga akan membentuk nanofluida dari senyawa ZrClO₂.8H₂O. Nanofluida ini kemudian akan diuji ke dalam alat model radiator sebagai cairan pendingin pada alat tersebut. Dengan penambahan nanofluida dari senyawa ZrClO₂.8H₂O diharapkan proses pendinginan akan lebih baik.

Penelitian nanofluida dari senyawa zirkonia saat ini mulai dikembangkan oleh beberapa peneliti untuk mengetahui besarnya *heat transfer* yang terjadi dengan air dari senyawa zirkon yang digunakan untuk pendingin reaktor nuklir[1]. Penggunaan nanofluida ZrO₂-air sebagai pendingin reaktor diharapkan akan meningkatkan kinerja radiator saat nanofluida tersebut digunakan sebagai fluida pada cairan pendingin radiator. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa konduktivitas termal nanofluida meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi nanopartikel dalam nanofluida tersebut[2]. Sebagai penelitian lebih lanjut pada penelitian ini akan diteliti pengaruh nanofluida pada proses pendinginan dari alat berupa model dari radiator. Kemudian saya melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan nanofluida terhadap kinerja dari sebuah radiator .

2. Dasar Teori

2.1 Zirkonium

Zirkonium merupakan unsur yang terdapat di alam dan memiliki sifat bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi. Zirkonium tidak terdapat dalam bentuk bebas di alam melainkan terdapat dalam bentuk zirkonium silikat (ZrSiO₄) dan zirkonium oksida pada *baddelleyit* (ZrO₂). Pada Tabel 2.1 akan diketahui sifat-sifat dari zirkonium

Tabel 2.1 Sifat-sifat zirkonium [7]

Sifat-sifat	Nilai
Volume Atom	14,1 cm ³ /mol
Massa Atom Relatif	91,224
Titik Didih	4628 K
Massa Jenis	6,51 gr/cm ³
Konduktivitas Listrik	2,3 x 10 ⁶ Ω ⁻¹ cm ⁻¹
Elektronegatifitas	1,33
Formasi Entalpi	21 kJ/mol
Konduktivitas Panas	22,7 Wm ⁻¹ K ⁻¹
Potensial Ionisasi	6,84 V
Titik Lebur	2128 K
Bilangan Oksidasi	4
Kapasitas Panas	0,278 jg ⁻¹ K ⁻¹
Entalpi Penguapan	590,5 kJ/mol

2.2 Ekstraksi Zirkonium Oksiklorida (ZrOCl₂.8H₂O) dari Pasir Zirkon

Pembuatan zirkonium oksida dari pasir zirkon melibatkan proses dekomposisi pasir zirkon dengan metode meleburkan pasir zirkon dengan NaOH, hidrolisis dengan aquades, reaksi dengan HCl, dan pengendapan dengan NH₄OH (Sudjoko dan Purwani, 2005). Proses ekstraksi Zirkonium Oksiklorida dari pasir zirkon yang digunakan adalah dengan metode fusi kaustik.

Proses fusi kaustik merupakan salah satu proses yang dapat diterapkan untuk mengolah mineral zirkon dalam negeri jika dilihat dari kesederhanaan proses dan kemudahan untuk mengolah bahan baku. Fusi kaustik merupakan proses pengolahan untuk menguraikan mineral zirkon melalui pembentukan senyawa. Senyawa silikon yang terbentuk dilarutkan dalam media air sementara senyawa zirconium yang terbentuk dilarutkan dalam larutan asam klorida sehingga terbentuk larutan zirconium oksiklorida (ZrOCl₂.8H₂O). Larutan zirconium oksiklorida ini sering digunakan sebagai larutan awal untuk menghasilkan produk zirconia (ZrO₂). Proses fusi kaustik ini terdiri dari dua jalur yang dibedakan berdasarkan reaktan yang digunakan. Jalur pertama menggunakan natrium hidrosida (NaOH) sedangkan jalur yang kedua menggunakan natrium karbonat (Na₂CO₃). Jalur fusi kaustik yang kedua dapat memberikan penghematan biaya bahan baku sampai dengan 75%,

akan tetapi proses ini memerlukan suhu fusi yang tinggi dan yang dihasilkan hanya produk zirconia komersial atau grade keramik. Sedangkan fusi kaustik jalur yang pertama walaupun memerlukan biaya bahan baku yang tinggi tetapi hanya memerlukan suhu fusi yang rendah dan dapat dihasilkan produk zirconia yang penggunaannya di industri cukup prospek. Dengan mempertimbangan segi kepraktisan dan kesederhanaan proses maka tahapan proses yang dilakukan pada penelitian ini dibatasi sampai dengan pembentukan larutan zirconium oksiklorida. Kunci utama dari metode fusi kaustik adalah pada proses kalsinasi di awal prosesnya.

Proses kalsinasi dilakukan pada suhu 700°C selama 90 menit. Proses kalsinasi akan menghasilkan natrium silikat dan natrium zirkonat. Hasil destruksi dilarutkan dengan aquades yang bertujuan untuk memisahkan antara natrium silikat dan natrium zirkonat. Natrium silikat akan larut dalam aquades sedangkan natrium zirkonat tidak larut. Residu (natrium zirkonat) dan filtrat (*natrium silikat*) dipisahkan menggunakan proses penyaringan. Residu dicuci dengan aquades hingga pH larutan berkisar 6-7.

Pemisahan senyawa yang terbentuk dari proses fusi dengan cara: pelindian hasil fusi (frit) dengan air. Gambar 2.3 merupakan gambar diagram alir dari metode fusi kaustik. Dari gambar 2.3 ada beberapa proses yang sangat berpengaruh pada hasil dari sintesis zirkon tersebut diantaranya proses kalsinasi, pelindian, kristalisasi. Kemudian akan dijelaskan lebih lanjut mengenai proses-proses yang ada pada metode fusi kaustik.

- Kalsinasi

Kalsinasi adalah proses pemanasan bahan sampai suhu tinggi tanpa terjadinya peleburan, sehingga hidrat, karbonat atau komponen lainnya terurai dan bahan mudah menguap keluar. Fungsi kalsinasi pada metode fusi kaustik adalah untuk mengikat silikat agar terpisah dari zirkon, dimana nantinya akan membentuk NaZr dan NaSi. Faktor – faktor yang mempengaruhi kalsinasi antara lain, suhu, waktu, semakin lama waktu kalsinasi akan membuat zat-zat pengotor terurai sempurna.

- Pelindian

Pelindian merupakan proses melarutkan zat padat di dalam zat cair, sehingga sebagian zat padat ada yang terlarut dan sebagian lagi tidak terlarut sebagai inert (ampas). Zat terlarut disini adalah NaSi dan zat yang tidak terlarut adalah NaZr. Fungsi pelindian adalah untuk memisahkan antara kedua zat tersebut sebelum dilakukan proses filtrasi.

- Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan dengan cairan dengan jalan menyaring. Proses filtrasi ini akan menggunakan kertas saring dengan tujuan agar hanya cairan saja yang benar-benar dapat melewati saringan tersebut.

- Kristalisasi

Kristalisasi merupakan pemisahan padat-cair dimana terjadi transfer massa solute dari larutan ke padatan. Proses kristalisasi ini membutuhkan waktu yang cukup lama sampai air yang terkandung menguap keluar sehingga volume larutan akan berkurang.

2.3 Metode Sol-gel

Proses sol gel adalah proses perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol [9]).

Salah satu metode dalam pembuatan ZrO₂ nanopartikel adalah metoda sol-gel. Metode sol-gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam preparasi material oksida logam berukuran nano. Hal ini disebabkan oleh beberapa keunggulannya, antara lain: proses berlangsung pada temperatur rendah, prosesnya relatif lebih mudah, bisa diaplikasikan dalam segala kondisi, menghasilkan produk dengan kemurnian dan kehomogenan yang tinggi jika parameternya divariasikan [10]. Selain itu, biaya yang dibutuhkan untuk proses solgel pada penelitian kali ini relatif murah karena menggunakan sukrosa. Pada gambar 2.1 merupakan gambar diagram alir dari metode sol gel yang digunakan untuk membuat nano partikel zirkon. Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan metode solgel adalah sebagai berikut:

1. ZrOCl₂.8H₂O yang telah diekstraksi dicampurkan dengan air dan gula atau asam sitrat, semua bahan dicampurkan menggunakan magneting stiring pada putaran 100 rpm selama 20 menit pada suhu 80°C. Tujuan pencampuran menggunakan magneting stirring adalah agar tidak terjadi pengendapan selama proses pencampuran dan agar hasil pencampuran homogen. Lalu hasil dari proses ini sampel yang berbentuk sol.
2. Sol hasil pencampuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 200°C selama ± 90 menit. Kemudian sol akan berubah fasa menjadi gel.
3. Gel yang sudah terbentuk kemudian di kalsinasi pada suhu 700°C selama 3 jam. Kalsinasi sendiri adalah proses pemanasan suatu bahan tanpa terjadinya peleburan, tujuan dari proses kalsinasi disini adalah untuk menguapkan senyawa-senyawa pengotor dalam gel tersebut. Suhu yang digunakan pada saat proses kalsinasi ini dipilih 700°C agar nanopartikel yang dihasilkan cukup kecil. Sedangkan apabila suhunya kurang dari

700°C zat carbon yang terdapat didalamnya belum menguap. Dari beberapa penelitian di BATAN diketahui salah satu laju pemanasan proses kalsinasi pada metode sol gel adalah 10°C/menit.

2.3 Karakterisasi Nanopartikel

1. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD digunakan untuk karakterisasi bahan dan kontrol kualitas kristal atau non-kristal bahan seperti serbuk, blok yang solid, film tipis atau cairan. XRD juga digunakan untuk menentukan komposisi dan identifikasi unsur. Untuk mengetahui struktur pertama-tama perlu diketahui unsur penyusun yang ada dalam sampel. Dari hasil XRD akan diketahui struktu mana yang terbentuk. Prinsip kerja dari alat XRD adalah dengan menggunakan pantulan sinar X yang kemudian akan mengenai permukaan suatu material untuk melihat struktur kristal dari material tersebut. Sinar-X terlihat ketika tabung sinar katode menghasilkan elektro-elektron, kemudian elektron-elektron tersebut dipercepat pada suatu target dengan memberikan voltase dan menembak target dengan elektron dan ketika elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan electron dalam target terjadilah hasil spectrum sinar-X.

2. Surface Area Meter

Surface area meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur luas permukaan suatu partikel dari sebuah material. Alat ini juga menggunakan metode BET dalam prinsip kerjanya, metode BET akan memberikan informasi mengenai luas permukaan spesifik zat padat. Cara kerja alat surface area adalah sampel ditempatkan dalam sebuah pipa kaca kemudian dipanaskan pada suhu tertentu setelah itu divakumkan, saat divakumkan kemudian ditambahkan gas nitrogen cair. Gas ini berfungsi untuk menghasilkan tekanan awal. Kemudian atom gas mulai menempel pada permukaan sampel sehingga jumlah molekul yang bergerak dalam ruang chamber akan berkurang. Persamaan BET diketahui dari data volume gas yang dimasukkan dengan data hasil kenaikan tekanan saat gas dimasukkan di ruangan vakum. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung ukuran partikel adalah sebagai berikut :

$$D = \frac{6}{\rho As} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

D : ukuran partikel

ρ : massa jenis ZrO₂ (gram/cm³)

As : surface area ZrO₂ (m²/gram)

2.4 Laju aliran kalor

Untuk perpindahan kalor dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida panas/energi yang diterima oleh fluida dingin untuk penukar kalor aliran lawan arah. Besar perpindahan panas pada model radiator adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya panas pada air di tangki yang dapat dibuang ke udara luar. Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju aliran kalor adalah :

$$q = m \cdot Cp(Th,in - Th,out) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

q = Laju perpindahan panas (W)

m = Laju aliran massa air (Kg/s)

Cp = Kalor spesifik fluida air (KJ/Kg °C)

Th,in = Temperatur air saat memasuki radiator (K)

Th,out = Temperatur air saat keluar radiator (K)

Perhitungan kalor jenis atau kapasitas panas dari fluida kerja apabila nilainya lebih besar maka kalor yang dibuang atau diserap lebih besar, dan kalor yang dibuang oleh air didalam tabung akan sama jumlahnya dengan kalor yang diterima oleh nanofluida sesuai dengan asas black dimana

Kalor yang diserap = kalor yang dikeluarkan

$$m_{nf} \cdot C_{nf} \cdot \Delta T = m_f \cdot C_f \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.3)$$

Nilai C_{nf} dapat diperoleh dari hasil perbandingan asas black diatas, nilai laju aliran fluida dibuat sama dan perubahan suhu sama, nilai kapasitas panas dari air sudah diketahui. Makin tinggi perubahan temperatur yang terjadi di air yang didinginkan maka akan sebanding dengan kalor yang diberikan atau diserap dan sebanding dengan nilai C_{fluida} . Nilai laju aliran fluida (m) harus dibuat selalu sama dimana nilai yang berubah hanya nilai kalor jenis nanofluida (C_{nf}) karena perbedaan konsentrasi yang digunakan.

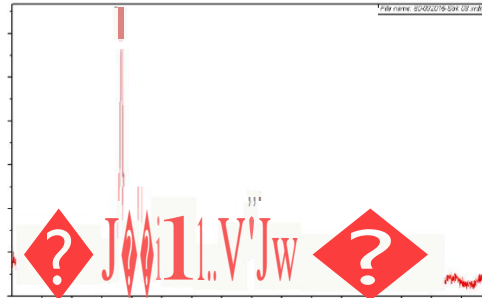
3. Pembahasan

3.1 Karakterisasi ZrO₂ Nanopartikel

Setelah ZrO₂ nanopartikel terbentuk, kemudian diperlukan karakterisasi dari nanopartikel dengan tujuan mengukur ukuran partikel dan struktur kristal yang terbentuk. Adapun karakterisasi yang digunakan adalah XRD dan SAM.

3.1.1 XRD

ZrO₂ Nanopartikel yang telah berhasil disintesis kemudian dianalisis menggunakan XRD (X-Ray Diffraction) agar dapat diketahui terbentuk kristal atau tidak. Gambar 4.1 merupakan hasil XRD dari sintesis ZrO₂ nanopartikel dan gambar 3.1 perbandingan nya yang merupakan referensi dari data JCPDS file no 88-2390.

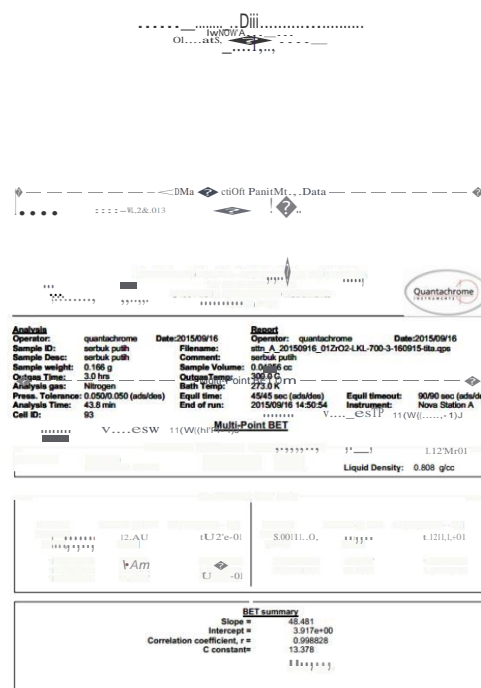


Gambar 3.1 Hasil XRD pada ZrO₂.

Pada Gambar 3.1 dapat disimpulkan bahwa titik 2theta yang mengindikasikan kristal monoklinik dari ZrO₂ nanopartikel terletak pada titik 28,175°, 31,468°, 34,383°, 35,309°, 49,266°, 50,559°, 55,883°, dan 60,055°, titik 2theta merupakan puncak dari ZrO₂ nanopartikel. Dari beberapa referensi hasil XRD nanopartikel lainnya diketahui bahwa difraksi puncak tertinggi mengidentifikasi bahwa nanopartikel tersebut berbentuk kristal.

3.1.2 Surface Area Meter

Untuk mendapatkan ukuran diameter partikel dari nanopartikel maka digunakan alat surface area meter (SAM). Pengukuran *surface area* dilakukan dengan menggunakan instrumen Quantachrome NovaWin versi 11.03. Dengan alat ini akan diketahui luas permukaan dari ZrO₂ nanopartikel yang telah dibuat.



Gambar 3.2 hasil surface area dari partikel ZrO₂.

Dari gambar 3.2 dapat dilihat bahwa hasil surface area dari ZrO_2 yang telah disintesis adalah sebesar $66,463 \text{ m}^2/\text{g}$. Diketahui massa jenis dari ZrO_2 adalah sebesar 6.52 g/cm^3 . Dan hasil surface areanya adalah sebesar $66,463 \text{ m}^2/\text{g}$. Kemudian nilai-nilai tersebut dimasukkan kedalam rumus berdasarkan Persamaan (2.1) dan diperoleh hasil perhitungan ukuran partikel adalah sebesar 14 nm . Dari hasil perhitungan diketahui bahwa ukuran partikel adalah $<100\text{nm}$ dengan demikian partikel dapat dikategorikan sebagai nanopartikel.

3.2 Pengukuran pH Nanofluida

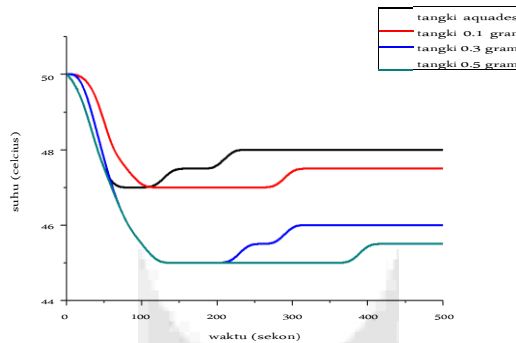
Pada percobaan kali ini campuran ZrO_2 nanopartikel dengan fluida air diultrasonik menggunakan alat ultrasonic bath selama 2 jam supaya nanopartikel terdispersi merata dan meminimalisir terjadinya penggumpalan. Setelah diultrasonik kemudian diukur pH dari larutan tersebut. Tabel 3.1 menunjukkan pH yang terukur pada setiap campuran dengan konsentrasi yang berbeda adalah dengan nilai pH sebesar 9. Dengan nilai pH 9 ini dapat mengindikasikan bahwa nanofluida air- ZrO_2 bersifat basa sehingga nanofluida air- ZrO_2 tidak bersifat korosif terhadap bahan yang digunakan untuk pembuatan alat prototype radiator.

Tabel 3.1 Nilai pH pada masing masing konsentrasi

Konsentrasi Nanofluida	Nilai pH
0.1 gram	9.02
0.3 gram	9.04
0.5 gram	9.00

3.3 Hasil Pengujian pada alat model radiator

Gambar 4.3 (a) akan menampilkan grafik hasil pengujian nanofluida. Grafik tersebut akan memperlihatkan penurunan suhu pada tangki yang dipanaskan serta kenaikan suhu pada reservoir.



Gambar 3.3 (a) Grafik penurunan suhu pada tangki.

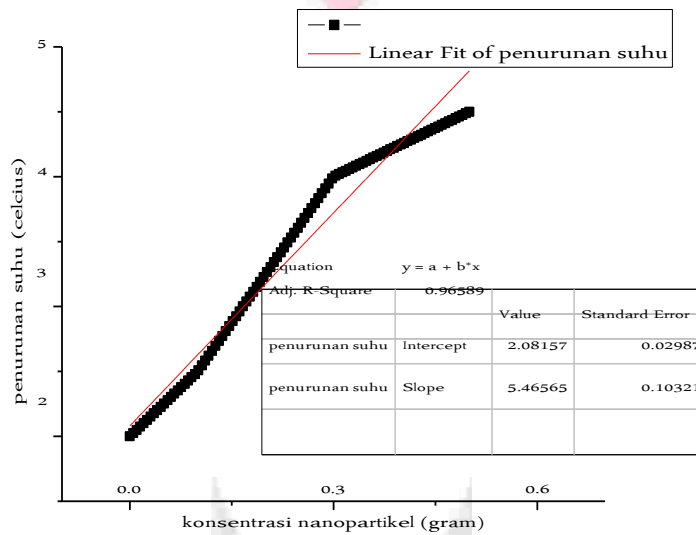
Gambar 4.3 (a) menunjukkan grafik penurunan suhu yang terjadi pada tangki saat nanofluida dialirkan. Grafik menunjukkan bahwa penurunan suhu yang terjadi saat nanofluida dengan beberapa variasi konsentrasi dialirkan menunjukkan nilai Δt yang berbeda-beda. Percobaan ini dilakukan selama 10 menit dengan perubahan suhu setiap menit yang terbaca pada arduino. Kemudian diambil per 10 detik dan kemudian dibuat grafiknya. Tabel 4.2 menunjukkan hasil penurunan suhu yang terjadi pada tangki, aquadest menunjukkan penurunan suhu sebesar 2°C , pada konsentrasi 0.1 gram menunjukkan penurunan suhu sebesar $2,5^\circ\text{C}$, pada konsentrasi 0.3 gram menunjukkan penurunan suhu sebesar 4°C , dan pada konsentrasi 0.5 gram menunjukkan penurunan suhu sebesar $4,5^\circ\text{C}$.

Tabel 3.2 hasil penurunan suhu pada tangki

Konsentrasi Nanopartikel	Δt
0% (aquades)	2°C

0.0009 %	2.5°C
0.002%	4°C
0.004%	4.5°C

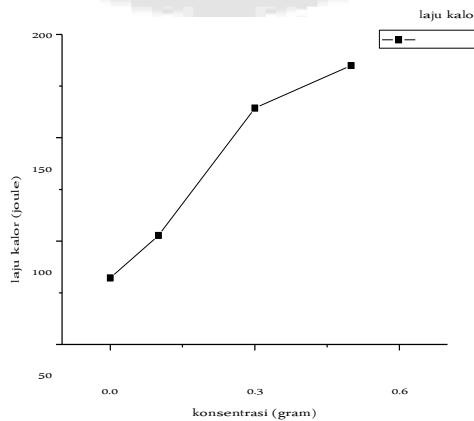
Pada gambar 3.4 menunjukkan selisih penurunan suhu terhadap konsentrasi nanofluida yang digunakan pada penelitian ini. Penurunan suhu terhadap konsentrasi lainnya dapat diprediksi menggunakan persamaan $y=2.08157+5.46565x$.



Gambar 3.4 Grafik penurunan suhu terhadap konsentrasi nanopartikel.

3.4 Laju aliran kalor pada tangki

Laju aliran kalor menunjukkan perbandingan antara energi yang dilepas fluida yang bersuhu panas dengan energi yang diterima oleh fluida yang bersuhu dingin saat melakukan pengambilan data dengan menggunakan nanofluida. Dalam penelitian ini laju aliran kalor diperlukan untuk mengetahui besar kalor yang diserap oleh nanofluida air-ZrO₂ yang digunakan terhadap tangki yang didinginkan.



Gambar 3.4 Grafik laju aliran kalor terhadap konsentrasi nanopartikel.

Gambar 3.4 menunjukkan laju aliran kalor terhadap konsentrasi nanopartikel. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak konsentrasi nanopartikel didalam nanofluida air-ZrO₂ maka kalor yang berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah semakin banyak. Hasil perhitungan laju aliran kalor tersebut diperoleh persamaan 2.2 saat melakukan percobaan.

3. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sintesis yang dilakukan dengan menggunakan metode fusi kaustik dan solgel dapat menghasilkan ZrO₂ nanopartikel dengan ukuran 14 nm.
2. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa nanofluida air-ZrO₂ dapat memindahkan panas lebih baik dari pada air, hal ini ditunjukkan dengan semakin tinggi penambahan konsentrasi semakin besar penurunan suhu dan performansi alat model radiator. Jumlah konsentrasi yang menunjukkan penurunan suhu tertinggi adalah pada jumlah konsentrasi nanopartikel sebanyak 0.004% dengan penurunan suhu sebesar 4,5°C.

Daftar Pustaka

- [1] Akbar, sulthoni (2013) Optimasi Ekstraksi Zirkonia Berbahan Baku Pasir Zirkon Silikat Melalui Reduksi Basa.
- [2] Abdul Fatah Yusuf, Dkk. (2006), Inventasi dan penyelidikan bahan galian non logam dikabupaten katingan provinsi Kalimantan tengah, pusat sumber daya geologi, Bandung.
- [3] Ulzie L, Rea, Januari (2008), *Experimental study of alumina-water and zirconia-water nanofluids convective heat transfer and viscous pressure loss in laminar regime*, Massachusetts Institute of Technology.
- [4] Sudjatmi K. A., (2013), Pengaruh konsentrasi ZrO₂ terhadap korelasi perpindahan panas nanofluida Air –ZrO₂ untuk pendingin reaktor, Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri –BATAN.
- [5] Scott Janowiak ,(2007), *High Efficiency Radiator Design for Advanced Coolant*, Katsuo Kurabayashi.
- [6] Syarif, D. G., & Prajitno, D. H. (2012). *Characteristics of Water-ZrO₂ Nanofluid Made from Solgel Synthesized ZrO₂ Nanoparticle Utilizing Local Zircon*. Journal of Material Science and Engineering.
- [7] Ardiansyah. (2011). *Ekstraksi Senyawa Zirkonia dari Pasir Zirkon dengan Metode Mechanical Aktivation*. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Fisika, UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [8] Sarit K. Das, (2008), *Nanofluids Science and Technology*, New Jersey, A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, page 1
- [9] Widodo, Slamet. (2010), Teknologi sol gel pada pembuatan nano kristalin metal oksida untuk aplikasi sensor gas, LIPI, Bandung.
- [10] Zawrah, M. F., El-Kheshen, A. A., Abd-El-All, H., (2009), *Facile and Economic Synthesis of Silica Nanoparticles*, Journal of Ovonic Research, vol.5, No.5, pp.129-133
- [11] Newton, C. Robert. (2010). *Free Energy of Zircon Based on Solubility Measurement St High and Pressure*. Memorial University: Canada.
- [12] Schuiling, D. Roelof Gibs. (1976). *Energies of Formation of Zircon, Thorite, and Phenacite*. Utrech University, Netherland.
- [13] Nursani, Shafira. (2010). *Uji Kompetensi Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri*.
- [14] Cokorda Prapti., ST. M.Eng, Kemampuan Heat Exchanger Melepas Kalor Pada Mesin Alat Berat, Universitas Gajah mada
- [15] Nugroho, Agung. (2009). Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada putaran konstan, Universitas Sultan Fatah (UNISFAT).
- [16] horikoshi, sathosi, (2013), *Introduction to Nanoparticles*, Wiley-VCH
- [17] Marlene C. Morris, (1981), *Standard X-ray Diffraction Powder Patterns*, University of Arizona, page 81.
- [18] Abdullah, Mikrajuddin. (2010). *Karakterisasi Nanomaterial*. Bandung. CV. Rezeki Putra Bandung.
- [19] Nesamani, Flavia Princess, (2014). *Synthesis and Dielectric Studies of Monoclinic Nanosized Zirconia*. Hindawi Publishing Corporation. Volume 2014, Article ID 828492.
- [20] Bhogare, Rahul A. (2013). *A Review on applications and challenges of Nano-fluids as coolant in Automobile Radiator*. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3.