

## ANALISIS TEORISTIK NANOPARTIKEL ZIRKONIUM DIOKSIDA ( $ZrO_2$ )

Ayutia Zusya Putri<sup>\*)</sup> dan Ratnawulan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang,  
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang 25131

<sup>\*)</sup>[Ayutiazusyaputri@gmail.com](mailto:Ayutiazusyaputri@gmail.com)

### ABSTRACT

Nanopartikel memiliki sifat fisis yang jauh lebih baik daripada partikel yang berukuran besar. Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) adalah logam yang mempunyai warna putih keabu-abuan yang tahan pada suhu tinggi dan mempunyai struktur kristal lebih dari satu. Pada penelitian ini nanopartikel yang digunakan adalah nanopartikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) dengan menggunakan metoda sol gel dan didapatkan hasil bahwa nilai diameter partikel yang dianalisis menggunakan Surface Area meter sebesar 32,98nm dan Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) yang dianalisis dapat dikategorikan sebagai ukuran nanopartikel

**Keywords :** nanopartikel, , Zirkonium Dioksida

### PENDAHULUAN

Nanoteknologi dalam bidang material menjadi pusat perhatian oleh berbagai kalangan. Nanopartikel mempunyai karakteristik yang lebih baik jika dibandingkan dengan partikel dengan ukuran besar [1]. Surface Area Analyser (SAA) merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi luas permukaan, distribusi pori, dan desorpsi suatu material [2]. Luas permukaan jenis merupakan karakteristik penting serbuk khususnya nanopartikel. Besaran ini menggambarkan seberapa kecil nanopartikel dan seberapa keropos sebuah sampel. Nanopartikel mempunyai karakteristik yang lebih baik jika dibandingkan dengan partikel dengan ukuran besar [3]. Nanopartikel merupakan suatu partikel yang memiliki ukuran 1-100nm [4].

Pada penelitian ini nanopartikel yang akan digunakan adalah *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ). Zirkonia ( $ZrO_2$ ) memiliki potensi untuk meningkatkan sifat-sifat termal fluida dalam *heat transfer* karena tahan terhadap suhu tinggi sebesar 3580°C [5] dan tahan terhadap korosi. Aplikasi dari nanopartikel zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) yaitu sebagai bahan dasar pembuatan nanofluida yang mana nanofluida Air- $ZrO_2$  sendiri yaitu sebagai sistem pendingin reactor nuklir karena absorpsi neutron yang kecil

Pada penelitian ini pembuatan nanofluida dari nanopartikel  $ZrO_2$  akan menggunakan metoda sol gel, karena metoda sol gel merupakan metoda yang sederhana [6] dan metoda sol gel hanya memerlukan reagen (zat atau senyawa yang ditambahkan ke sistem) yang sederhana dan temperatur yang relatif rendah untuk menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian tinggi [7]. Sintesis dengan menggunakan metoda sol gel biasa dilakukan dengan menggunakan gula atau asam sitrat [8].

Arya (2016) [7] melakukan sintesis  $ZrO_2$  menggunakan pangklat ekstrak nanas yang bertujuan

agar partikel *zirkonium dioksida* tidak terglomerasi atau menumpuk antar sesamanya. Akan tetapi pada penelitian ini sintesis metoda sol gel dengan menambahkan gula (Sukrosa) sebagai *capping agent* yang bertujuan untuk mendapatkan ukuran, struktur, morfologi, dan sifat nanopartikel yang bervariasi. Pemilihan Gula sebagai *capping agent* karena harga yang relatif murah (ekonomis) dan mudah untuk didapatkan.

### DASAR TEORI

#### A. Nanopartikel

Nanopartikel merupakan salah satu kajian ilmu dan rekayasa material dalam skala nanometer. Nanopartikel adalah partikel yang memiliki ukuran dibawah satu mikrometer [8]. Nanopartikel merupakan suatu partikel yang memiliki ukuran 1-100nm [4].

Terdapat dua metode sintesis nanopartikel, yaitu metoda *top-down* atau memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer dan metoda *bottom-up* melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal [9]. Sintesis yang termasuk dalam metoda *top-down* yaitu *High Energy Milling* (HEM). Sedangkan sintesis yang termasuk dalam metoda *bottom-up* adalah presipitasi dan kopresipitasi, solgel, *spray pyrolysis*, dan hidrotermal

Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan partikel dengan ukuran yang kurang dari 100nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya. Dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar [9]:

1. Karena ukurannya yang kecil nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika

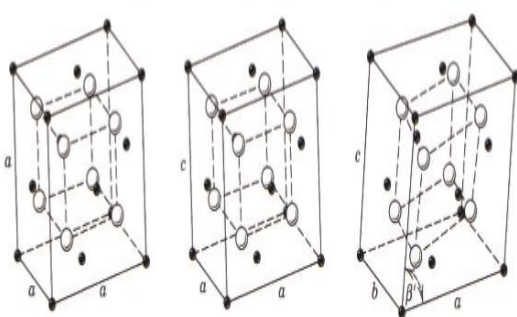
dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif.

2. Ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Perilaku material yang berukuran nanometer sangat berbeda dibanding dengan perilaku pada material ukuran yang lebih besar (*bulk*). Perbedaan yang sangat signifikan terjadi pada sifat fisika, kimia dan biologinya. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) karena semakin kecil ukuran suatu material, maka luas permukannya akan semakin besar sehingga material dalam orde nanometer mempunyai jarak antar atom yang sangat kecil yang akan memudahkan terjadinya reaksi antar atom (Amiruddin, 2013).

## B. Zirkonium Dioksida

*Zirkonium dioksida* adalah logam berwarna putih keabu-abuan, berbentuk kristal (amorf/struktur kristal yang tidak teratur), lunak, dapat ditempa dan diulur bila murni, juga tahan terhadap udara bahkan api. Bahan ini termasuk keramik teknik yang mempunyai sifat ketegasan (*brittle*) yang tinggi dan resistansi tinggi terhadap berbagai jenis asam dan alkali, air laut dan agen lain-lain, memiliki titik lebur yang sangat tinggi ( $>2000^{\circ}\text{C}$ ) [3].

Beberapa metoda yang digunakan untuk memproduksi nanopartikel *Zirkonium Dioksida* diantaranya yaitu metode sol-gel, metode pirolisis, penyemprotan, hidrolisis dan microwave plasma [10]. Struktur kristal *Zirkonium Dioksida* ( $\text{ZrO}_2$ ) dapat dilihat pada Gambar 1 [11]



Gambar 1 . Struktur Kristal  $\text{ZrO}_2$  (a) kubik (b) tetragonal (c) Monoklinik (Syarif, 2016)

*Zirkonium Disoksida* ( $\text{ZrO}_2$ ) merupakan keramik polimorp, artinya berstruktur lebih dari satu yaitu monoklinik, tetragonal, dan kubus [11].

Zirkonium oksida murni memiliki tiga jenis struktur kristal pada temperatur berbeda. Pada temperatur yang sangat tinggi ( $>2370^{\circ}\text{C}$ ) mempunyai struktur Kristal kubus, temperatur sedang ( $1170-2370^{\circ}\text{C}$ ) mempunyai struktur kristal tetragonal, dan temperatur rendah ( $<1170^{\circ}\text{C}$ ) berubah bentuk menjadi struktur monoklinik [12]. Keramik ini mempunyai konduktivitas listrik yang lebih rendah dari pada  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [11]. Zirkonia ( $\text{ZrO}_2$ ) memiliki sifat listrik yang baik, konstanta dielektrik yang tinggi dan celah pita yang lebar (Madhasudhana, dkk, 2014). Zirkonia ( $\text{ZrO}_2$ ) memiliki potensi untuk meningkatkan sifat-sifat termal fluida dalam *heat transfer* karena tahan terhadap suhu tinggi sebesar  $3580^{\circ}\text{C}$  (Saridag, Tak, & Alniacik, 2013), tahan terhadap korosi (Masrukan, 2007).

## C. Metoda Sol Gel

Metoda sol gel merupakan metoda yang sederhana (Madsudhana, 2014) dan metoda sol gel hanya memerlukan reagen (zat atau senyawa yang ditambahkan ke sistem) yang sederhana dan temperatur yang relatif rendah untuk menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian tinggi (Arya 2016). Proses solgel adalah proses pembentukan zat anorganik melalui reaksi kimia pada suhu rendah dalam larutan melalui proses perubahan dari sol ke gel (Syarif, 2016)

Metoda sol gel dapat membuat suatu partikel berukuran nano, ukuran seragam, tidak menggumpal, murni, homogen, dilakukan pada suhu rendah, dan dapat mengontrol distribusi massa (Rahman, dkk, 2014). Metoda sol-gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam preparasi material oksida logam berukuran nano. Hal ini disebabkan karena beberapa keunggulannya, antara lain (Zawrah, et. All, 2009) :

1. Proses berlangsung pada temperatur rendah
2. Prosesnya relatif mudah
3. Bisa diaplikasikan dalam segala kondisi
4. Menghasilkan produk dengan kemurnian dan homogenitas yang tinggi
5. Parameternya dapat divariasikan

Sintesis dengan menggunakan metoda sol gel biasa dilakukan dengan menggunakan gula atau asam sitrat. Proses sol gel menggunakan asam sitrat sebagai pengikat disebut metode pechini (Mulya, dkk, 2018). Metoda sol gel dikembangkan sejak tahun 1960 an yang tujuan awalnya untuk memenuhi kebutuhan metoda sintesis baru di industri nuklir. Metoda solgel dapat digunakan untuk berbagai bentuk produk seperti struktur porus, fibers, serbuk, dan film tipis (Syarif, 2016).

## D. Surface Area

Surface Area Analyser (SAA) merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi luas permukaan, distribusi pori, dan desorpsi suatu material. Alat ini prinsip kerjanya menggunakan adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon, helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan biasanya suhu dididih dari gas tersebut (Zulichatun, dkk, 2015). Prinsip SAA didasarkan pada siklus adsorpsi dan desorpsi isothermis gas N<sub>2</sub> oleh sampel serbuk pada suhu N<sub>2</sub> cair. Setiap siklus adsorpsi dan desorpsi menghasilkan variasi data tekanan proses, yang dengan hukum gas ideal  $PV=NRT$  sebagai fungsi volume gas. Dengan memasukkan sejumlah volume gas nitroge yang diketahui kedalam tabung sampel, maka sensor tekanan akan memberikan data tekanan proses yang bervariasi. Data volume gas yang dimasukkan yang telah diketahui jumlahnya dan data hasil kenaikan tekanan dibuat sebagai persamaan BET yang dipakai sebagai dasar perhitungan luas permukaan serbuk (Rosyid, dkk, 2012). Metoda BET akan memberikan informasi mengenai luas permukaan spesifik zat padat. Persamaan BET diketahui dari data volume gas yang dimasukkan dengan data hasil kenaikan tekanan saat gas dimasukan diruangan vakum (Putri, 2016).

Luas permukaan jenis merupakan karakteristik penting serbuk khususnya nanopartikel. Besaran ini menggambarkan seberapa kecil nanopartikel dan seberapa keropos sebuah sampel. Luas permukaan jenis serbuk berbanding terbalik dengan ukuran partikel. Hubungan antaran luas permukaan dan ukuran partikel diwakili oleh persamaan (1) (Syarif, 2016) :

$$S = \frac{6}{\rho d}$$

Dengan :

$S$  adalah luas permukaan jenis,

$\rho$  adalah densitas partikel

$d$  adalah ukuran partikel.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Bahan yang digunakan untuk sintesis nanopartikel *Zirkonium Dioksida* (ZrO<sub>2</sub>) adalah *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) *Surface Area Meter*.

### a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi tahap persiapan alat dan bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan serbuk *Zirkonium Dioksida* (ZrO<sub>2</sub>)

### b. Tahap Penimbangan

Setelah mengetahui komposisi dari masing-masing bahan, kemudian bahan tersebut ditimbang dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Meletakkan kertas diatas timbangan
- 2) Mereset ulang timbangan sampai menjadi nol (0) sehingga berat kertas dapat diabaikan
- 3) Meletakkan bahan diatas kertas yang berada didalam timbangan sesuai dengan kebutuhan
- 4) Mengulangi langkah (a) sampai (c) untuk masing-masing bahan.

### c. Tahap Sintesis Nanopartikel *Zirkonium Dioksida* (ZrO<sub>2</sub>)

- 1) Langkah pertama yang dilakukan dalam pembuatan nanopartikel *Zirkonium Dioksida* (ZrO<sub>2</sub>) adalah menimbang 35gr serbuk *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) dengan menggunakan neraca digital.
- 2) Kemudian menimbang gula sebanyak 51gr dengan menggunakan neraca digital
- 3) Selanjutnya serbuk *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) yang telah ditimbang sebelumnya dilarutkan dengan aquades menggunakan gelas beker hingga larut sambil dipanaskan diatas hotplate
- 4) Menambahkan gula sebanyak 51gr sedikit demi sedikit kedalam cairan *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) yang sedang dipanaskan sambil diaduk dengan pengaduk kaca. Pengadukan dilakukan sampai campuran *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) dan gula larut.
- 5) Kemudian *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) yang telah dilarutkan dalam aquades dan dicampur dengan gula dipanaskan hingga terbentuk sol. Jika telah terbentuk sol maka campuran *Zirkonium Tetraklorida* (ZrCl<sub>4</sub>) dipindahkan kedalam cawan alumina.
- 6) Sol hasil pencampuran tersebut kemudian dipanaskan dengan suhu 120°C-150°C dengan tungku hingga berubah fasa menjadi gel
- 7) Gel yang sudah terbentuk kemudian dipanaskan di dalam tungku dengan suhu 800°C selama 3jam hingga terbentuk padatan *Zirkonium Dioksida* (ZrO<sub>2</sub>).

- 8) Selanjutnya, setelah terbentuk padatan *Zirkonium Dioksida* yang telah dipanaskan dalam tungku dengan suhu 800°C tungku dimatikan dan membiarkan sampel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) dingin didalam tungku. Setelah itu, mengeluarkan sampel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) dari tungku
- 9) Selanjutnya , melakukan penggerusan sampel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) dengan penggerus.
- 10) Menimbang serbuk nano *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) yang didapatkan menggunakan timbangan digital.
- 11) Dari banyaknya serbuk nano *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) yang didapat, 0,5gram serbuk *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) ditimbang menggunakan timbangan digital Surface Area Meter.

**d. Karakterisasi Surface Area serbuk Zirkonium Dioksida( $ZrO_2$ )**

Setelah proses pembuatan dari *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) selesai dilakukan, maka karakterisasi Surface Area serbuk *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) untuk mengetahui nilai luas permukaan per 1 gram dari serbuk *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ). Karakterisasi Surface Area *Zirkonium Dioksida* dapat dilihat pada Gambar 2

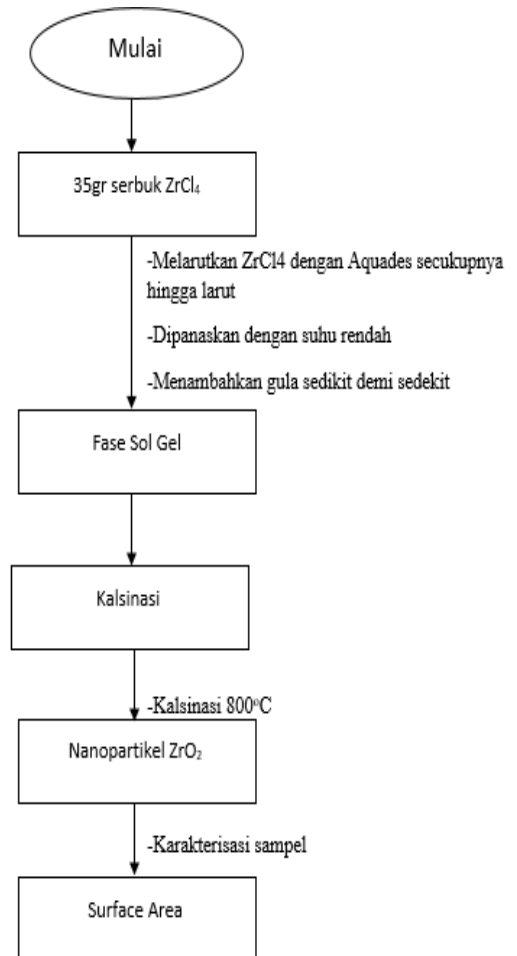


Gambar 2. .Karakterisasi SurfaceArea  $ZrO_2$

**Diagram Alir**

**Sintesis Nanopartikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ )**

Diagram alir sintesis nanopartikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar3. Diagram alir Sintesis Nanopartikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ )

**BAHAN YANG DIGUNAKAN**

Bahan yang digunakan dalam pembuatan nanopartikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) dapat dilihat pada Gambar 4



(a)



(b)



(c)



(d)

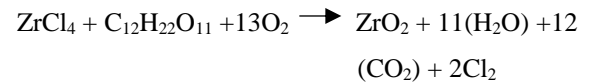
Gambar 4. Bahan yang digunakan dalam pembuatan serbuk Zirkonia Dioksida

(a) Zirkonium tetraklorida (b) aquadest (c) amoniak (d) gula

#### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi nanopartikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) dengan metoda sol sebagai pendingin dilakukan secara eksperimental. Pada sintesis nanopartikel Zirkonium

Dioksida ( $ZrO_2$ ) pembuatan dilakukan dengan mencampurkan Zirkonium Tetra Klorida ( $ZrCl_4$ ) Nanopartikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) didapat setelah pemanasan pada suhu  $100^\circ C - 150^\circ C$  sampai terbentuk gel berwarna hitam dan dilanjutkan dengan pemanasan dengan suhu tinggi (kalsinasi) dengan suhu  $800^\circ C$  selama 3jam dengan produk berwarna putih. Adapun persamaan reaksi kimia yang terbentuk selama proses pembuatan nanopartikel Zirkonium Dioksida adalah sebagai berikut :



Dengan :

$ZrCl_4$  : Zirkonium Tetraklorida  
 $C_{12}H_{22}O_{11}$  : Gula  
 $ZrO_2$  : Zirkonium Dioksida  
 $O_2$  : Oksigen  
 $H_2O$  : Air  
 $CO_2$  : Karbon Dioksida  
 $Cl_2$  : Garam

#### Hasil Pengukuran

Dari nilai Surface tersebut dapat dikonversikan kedalam diameter partikel menggunakan persamaan :

$$S = \frac{6}{\rho d}$$

Dengan :

$S$  adalah luas permukaan jenis =  $30,118 \text{ m}^2/\text{g}$ .

$\rho$  adalah densitas partikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) secara teoritik =  $6,04 \text{ g}/\text{cm}^3$

$d$  adalah ukuran partikel

$$d = \frac{6}{\rho S}$$

$$= \frac{6}{6,04 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 30,118 \text{ m}^2/\text{g}}$$

$$= \frac{6}{181,91272 \text{ m}^2/\text{cm}^3}$$

$$= \frac{6}{181,91272 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{cm}^3}$$

$$= 32,98 \text{ nm}$$

Dari persamaan tersebut diperoleh diameter partikel Zirkonium Dioksida sebesar 32,98 nm. Pada ukuran tersebut menunjukkan bahwa Zirkonium Dioksida yang telah disintesis masuk kedalam

interval nanometer sehingga bisa disebut dengan nanopartikel *Zirkonium Dioksida*. Nilai luas permukaan berbanding terbalik dengan nilai ukuran suatu partikel, semakin besar nilai luas permukaannya maka akan semakin kecil nilai ukuran dari partikel tersebut.

### PEMBAHASAN

Karakterisasi menggunakan *Surface Area Analyzer* digunakan untuk mengetahui luas permukaan per 1 gram suatu sampel. Hasil uji *Surface Area Analyzer* ini digunakan sebagai pendukung dari hasil uji *Particle Size Analyzer* dalam mengetahui diameter partikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ).

Dari sampel nanopartikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) pada suhu kalsinasi  $800^\circ C$  diperoleh nilai *Surface Area Analyzer* sebesar  $30.118 \text{ m}^2/\text{g}$

Alat *Surface Area* ini menggunakan metode BET yang akan memberikan informasi mengenai luas permukaan spesifik zat padat. Dari Gambar 3.8 didapatkan hasil pengukuran sampel *Zirkonium Dioksida* menggunakan *Surface Area Analyzer* sebesar  $30.118 \text{ m}^2/\text{g}$  dan setelah dikonversikan dalam diameter partikel didapatkan hasil  $32,98 \text{ nm}$ . Hasil dari *Surface Area* yang telah di konversi kedalam diameter partikel tersebut dapat dikategorikan bahwa *Zirkonium Dioksida* yang telah disintesis termasuk dalam interval nano. Hal ini dipengaruhi karena metoda yang digunakan pada saat proses sintesis, metoda yang digunakan pada saat proses sintesis *Zirkonium Dioksida* yaitu metoda sol gel. Metoda sol gel dapat membuat suatu partikel berukuran nano, ukuran seragam, tidak menggumpal, murni, homogen, dan dilakukan pada suhu rendah (Rahman, dkk, 2014).

Menurut (Amiruddin, 2013) material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) karena semakin kecil ukuran suatu material, maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga material dalam orde nanometer mempunyai jarak antar atom yang sangat kecil yang akan memudahkan terjadinya reaksi antar atom. Karena serbuk *Zirkonium Dioksida* yang disintesis termasuk kedalam interval nano maka serbuk *Zirkonium Dioksida* dapat digunakan dalam pembuatan nanofluida karena menurut (Ramadhan, dkk, 2013) nanofluida merupakan perpaduan nanopartikel dengan ukuran 1-100nm yang dilarutkan dengan fluida kerja.

### KESIMPULAN

1.Data ukuran partikel serbuk *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) yang diperoleh dari pengukuran memakai *Surface Area* meter sebesar  $30,5 \text{ nm}$  memperlihatkan bahwa proses sol gel yang dilakukan pada kegiatan ini

berhasil menghasilkan partikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) berukuran nanometer (nanopartikel).

2.Nanopartikel *Zirkonium Dioksida* ( $ZrO_2$ ) memiliki luas permukaan jenis= $30,118 \text{ m}^2/\text{g}$ . Dari nilai luas permukaan jenis diperoleh tersebut dapat dikonversikan kedalam diameter partikel sehingga diperoleh diameter partikel *Zirkonium Dioksida* sebesar  $30,5 \text{ nm}$  Data ukuran tersebut menunjukkan bahwa *Zirkonium Dioksida* yang disintesis masuk kedalam interval nanometer sehingga bisa disebut nanopartikel

### SARAN

Perlu analisis XRD untuk mengetahui fase nanopartikel yang disintesis dan untuk memperoleh data ukuran kristalinit yang dapat dibandingkan dengan data ukuran partikel yang diperoleh dari luas permukaan jenis.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sari, N.A, dkk. (2017). *Sintesis dan Aplikasi Nanopartikel  $ZrO_2$  untuk menaikkan Performansi Mesin Pendingin*.e-Proceeding of Engineering :Vol 4 No 1
- [2] Zulichatun,S,dkk.(2015). *Analisi Luas Permukaan Zeolit Termodifikasi dengan Metode BET Menggunakan Surface Area Analyzer(SAA)*. Kelompok 3 Pelatihan Instrumen
- [3]Sari,N.A,dkk.(2017).*Sintesis dan Aplikasi Nanopartikel  $ZrO_2$  untuk menaikkan Performansi Mesin Pendingin*.e-Proceeding of Engineering :Vol 4 No 1
- [4] Istiqomah,D.S, dkk. (2016) . *Sintesis  $Al_2O_3$  Nanopartikel dari Bahan Biji Bauksit Untuk Aplikasi Pada Model Radiator*. e-Proceeding of Engineering:Vol 3 , No 2 Page 2 108
- [5] Saridag, S., Tak, O., & Alniacik,G.(2013). *Basic Properties and Types of Zirconia : an Oerview*. World Stomatol, 40-47
- [6]Madhusudhana,R.(2014).*Syntesis and Characterization of Zirconia ( $ZrO_2$ ) by simple sol gel Route*.International Journal of Advanced Research Vol 2,Issue 4
- [7]Arya,D.T.(2016).*Sintesis dan Karekterisasi Nanopartikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) dengan Metoda Sol Gel Menggunakan Ekstrak Nanas sebagai Pangklat untuk Aplikasi Nanofluida sebagai Pendingin*. Pillar of Physic Vol 8 25-32

- [8] Tiyaboonchai,W.(2003).*Chitosan Nanoparticles :A Promosing System for Drug Delivery*.Journal of Naresuan University,51-66
- [9]Abdullah,dkk.(2008). *Sintesis Nanomaterial (Review)*. Jurnal Nano Sains dan Nanoteknologi.Vol 1 No 2
- [10] Vahidshad, Y., Abdizadeh, H. And Asadi, S. 2012. *Effect of Crystalline Size on The Structure of Cooper Doped Zirconia Nanoparticles Syntesized via Sol-Gel*. *Journal of Nanostructures*. Vol.2.Page.205-212.
- [11] Syarif,D.G.(2016).*Nanopartikel dan Nanofluida Perpindahan Panas*.Badan Tenaga Nuklir Nasional(BATAN press).Edisi 1
- [12] Senyan, H, dkk. (2013). *Pengaruh Variasi Massa Natrium Hidroksida Pada Pembuatan Zirkonium Oksida Dari Pasir Mineral Zirkonia Asal Mandor Kabupaten Landak*. JKK,Volume 2 (3):157-162