

## Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$

Yessi Veronica\*, Astuti, Sri Rahayu Alfitri Usna

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 17 Oktober 2021  
Direvisi: 8 November 2021  
Diterima: 26 November 2021

#### Kata kunci:

$\text{Fe}_3\text{O}_4$   
PEG  
ZnO  
Presipitasi  
Sifat optik

#### Keywords:

$\text{Fe}_3\text{O}_4$   
PEG  
ZnO  
Precipitation  
Optical Properties

#### Penulis Korespondensi:

Yessi Veronica  
Email: [yessiveronicha@gmail.com](mailto:yessiveronicha@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi sifat optik pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$ . Sampel yang digunakan adalah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:2),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:2), dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:3). Metode yang digunakan untuk sintesis nanokomposit adalah metode presipitasi. Nanokomposit dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infra* (FTIR), *UV-Vis Spectrometry*, dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Hasil karakterisasi XRD pada sampel dengan variasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  1:1,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  1:2, dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  1:3 menunjukkan struktur besi oksida berturut-turut adalah *cubic*, *monoclinic*, *rhombohedral*, dan *cubic*. Sedangkan struktur ZnO untuk sampel dengan variasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  1:1,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  1:2, dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  1:3 adalah *hexagonal*. Ukuran kristal yang diperoleh pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:2), dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:3) berturut-turut sebesar 14,54 nm; 14,59 nm; 2,91 nm; dan 2,91 nm. Hasil karakterisasi sifat optik menunjukkan bahwa energi gap  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:2), dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:3) berturut-turut sebesar 2,06 eV; 2,56 eV; 3,17 eV; dan 2,25 eV. Pada pengujian FTIR terdapat ikatan O-H yang menunjukkan adanya serapan molekul air pada permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , ikatan C-O dan C-C menunjukkan terbentuknya PEG, dan ikatan Zn-O menunjukkan terbentuknya ZnO. Distribusi ukuran partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:2) yaitu pada rentang 0,246  $\mu\text{m}$  (246 nm) hingga 0,030  $\mu\text{m}$  (30 nm), dengan distribusi ukuran partikel rata-rata 0,0396  $\mu\text{m}$  (40 nm).

*Research has been carried out on the synthesis and characterization of the optical properties of  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  nanocomposites. The samples used were  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:2),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:2), and  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:3). The method used for nanocomposites synthesis is the precipitation method. The nanocomposites were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra (FTIR), UV-Vis Spectrometry, and Particle Size Analyzer (PSA). The crystal structures of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles obtained from this study are cubic, monoclinic, and rhombohedral. While the structure of ZnO for samples with variations of  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  1:3,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  1:2, and  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  1:3 is hexagonal. The crystal sizes obtained for  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:2), and  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:3) were 14.54 nm; 14.59 nm; 2.91 nm; and 2.91 nm. The results of optical characterization showed that the energy gaps of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  (1:1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:2), and  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:3) were 2.06 eV; 2.56 eV; 3.17 eV; and 2.25 eV. In the FTIR test there are O-H bonds which indicate the absorption of water molecules on the surface of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , C-O and C-C bonds indicate the formation of PEG, and Zn-O bonds indicate the formation of ZnO. The particle size distribution of  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{PEG}:\text{ZnO}$  (1:2) is in the size range of 0.246  $\mu\text{m}$  (246 nm) to 0.030  $\mu\text{m}$  (30 nm), with an average particle size of 0.0396  $\mu\text{m}$  (40 nm).*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Nanoteknologi merupakan salah satu bidang ilmu fisika, kimia, biologi serta rekayasa yang menarik perhatian peneliti dalam beberapa tahun belakangan ini. Keunikan nanopartikel terletak pada sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*). Material yang terbuat dari nanopartikel memiliki reaktivitas yang lebih tinggi karena memiliki permukaan yang lebih luas dibanding material dalam ukuran besar. Selain itu, nanopartikel juga memiliki keunggulan dalam sifat mekanik, laju sintering, konstanta dielektrik, dan titik lebur (Albertsson et al, 2008).

Salah satu nanopartikel yang banyak digunakan adalah besi oksida atau Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang dikembangkan dalam berbagai aplikasi diantaranya sebagai katalis, *data storage*, aplikasi bioteknologi, biomedis, dan lain-lain. Aplikasi nanopartikel magnetik dalam bidang biomedis yaitu sebagai terapi *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *Magnetic Fluid Hyperthermia* (MFH), *Magnetic Particle Imaging* (MPI), pemisahan molekul, dan *targeted drug delivery*. Material magnetik juga digunakan sebagai material pengontras dalam bidang (Dadfar et al, 2020).

Modifikasi atau pengembangan metode sintesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> telah banyak dilakukan peneliti. Salah satunya dengan cara mendoping material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan material lain untuk mendapatkan sifat luminesens pada nanopartikel. Salah satu material yang mempunyai sifat luminesens adalah zink oksida (ZnO). Tantangan penelitian penggunaan material luminesens yaitu terjadinya penurunan intensitas luminesens oleh material magnetik jika kedua material tersebut digabungkan secara langsung. Oleh karena itu, dikembangkan struktur *core-shell*. Struktur ini merupakan penggabungan antara material inti (*core*) dan material luminesens yang dibatasi oleh material *capping agent* yang juga berperan sebagai material selubung (*shell*).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi material magnetik sebagai material pengontras dengan mendoping europium (Eu) dan material gadolinium oksida (Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang berfungsi sebagai material pengontras. Pada penelitian tersebut digunakan variasi doping Eu (2%, 5%, dan 10%) dengan menggunakan metode polyol. Hasil yang didapatkan menunjukkan intensitas luminesens maksimum terjadi pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 612 nm yang merupakan hasil transisi  ${}^5D_0$  ke  ${}^7F_2$  pada ion Eu. Pada penelitian tersebut juga ditunjukkan adanya penurunan kontras akibat adanya pengisian atom Eu pada Gd (Maalej et al, 2015).

Selain menggunakan unsur Eu sebagai doping, para peneliti juga menggunakan golongan lantanida lain yaitu SrFCl:Nd@PDA. Pada penelitian tersebut dihasilkan material yang mempunyai luminesens sangat terang sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai material pengontras. Namun, pada penelitian tersebut belum diketahui sifat racun dari material yang dihasilkan dan ditemukan adanya ketidakcocokan bahan SrFCl ketika diaplikasikan dalam aplikasi biomedis (Zhao et al, 2020).

Selain berguna untuk mempertahankan intensitas luminesens, material *shell* pada struktur *core-shell* juga berfungsi untuk meminimalisir efek racun yang mungkin ditimbulkan oleh material *core*, sehingga tetap aman digunakan sebagai material pengontras. Dari penelitian ini diketahui bahwa PEG merupakan salah satu material yang efektif untuk mereduksi sifat racun yang dihasilkan oleh material *core* Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang diperoleh merupakan hasil sintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi dengan diameter partikel 4 nm hingga 11 nm, dan partikel berbentuk bola. Magnetisasi saturasi partikel yang dihasilkan adalah 55-64 emu/g dan diameter berkisar antara 53 nm hingga 69 nm (Zavisova et al, 2015).

Material *core* dapat dihasilkan lebih dari satu jenis, yang biasa disebut *multicore* (Kratz et al, 2018). Material magnetik yang digunakan yaitu besi (II), kemudian disintesis dengan metode presipitasi, dan dibiarkan teroksidasi. Pada penelitian tersebut diperoleh *core* yang terdiri dari dua fase magnetik yaitu magnetit dan mahemit. Kekurangan dari struktur *multicore* yaitu adanya pertumbuhan *core* yang tidak seragam dari momen magnet total yang dihasilkan oleh masing masing momen magnet penyusun *core*.

Dari beberapa penelitian tersebut masih terdapat beberapa kelemahan seperti pengontrolan ukuran partikel, stabilitas, dan dispersibilitas nanopartikel luminesens, sehingga dalam penelitian ini dikembangkan material magnetik-luminesens Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan struktur *core-shell* yang memiliki potensi aplikasi sebagai material pengontras. Material magnetik (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) digunakan sebagai material *core*, sedangkan PEG berfungsi sebagai material *shell*. Pada penelitian ini juga ditambahkan ZnO dengan variasi perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 terhadap Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang berfungsi sebagai *filler* dalam matriks PEG.

## II. METODE

Pada penelitian ini, sintesis nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dimulai dengan proses pembuatan serbuk Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang dilakukan dengan menggunakan metode presipitasi. Pada metode ini garam-garam dari Fe<sup>3+</sup>(FeCl<sub>6</sub>.H<sub>2</sub>O) dan Fe<sup>3+</sup>(FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) dengan rasio molar 2:1 dilarutkan dan diaduk dalam aquades untuk memperoleh 0,2 M larutan ferrit. *Amonium hydroxide* (NH<sub>4</sub>OH) dengan konsentrasi 3,5 M ditambahkan ke dalam larutan. Proses pengadukan dilakukan dengan menggunakan *stirrer magnetic* dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 5 jam hingga terbentuk endapan. Magnet diletakkan di bawah gelas ukur dan larutan dicuci dengan alkohol sebanyak 3 kali. 2,5 gram PEG dilarutkan ke dalam 100 ml air dan endapan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yg sudah terbentuk dilarutkan ke dalam larutan PEG sebagai larutan pertama.

Zink oksida dilarutkan dalam 100 ml aquades. *Amonium hydroxide* (NH<sub>4</sub>OH) ditambahkan ke dalam larutan. Larutan dicampurkan ke dalam larutan pertama dan dipanaskan pada suhu 70 °C selama 24 jam. Endapan dicuci dengan alkohol sebanyak 3 kali kemudian dikeringkan dalam furnace pada suhu 300 °C selama 2 jam. Sintesis berikutnya dilakukan dengan cara yang sama menggunakan variasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:ZnO dengan perbandingan 1:2 dan 1:3.

Serbuk nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dikarakterisasi dengan menggunakan XRD untuk melihat struktur kristal dan kristalinitas sampel. Ikatan yang terbentuk dalam sampel dikarakterisasi dengan FTIR. Untuk mengukur absorbansi dari material digunakan *UV-Vis Spectrometry* dan untuk mengukur ukuran partikel dari sampel dikarakterisasi menggunakan *PSA*.

Untuk menentukan ukuran kristal pada sampel digunakan Persamaan Debye Scherrer. Penentuan ukuran kristal didasarkan pada pelebaran puncak difraksi sinar-X yang muncul. Pada Persamaan Debye Scherrer menunjukkan informasi ukuran kristal bukan ukuran partikel. Persamaan Debye Scherrer dalam analisisnya yang secara matematis ditulis oleh Persamaan 1.

$$D = \frac{K \times \lambda}{B_{rad} \times \cos\left(\frac{2\theta}{2}\right)} \quad (1)$$

dengan;

$\lambda$  = panjang gelombang sinar X yang digunakan (m)

K = *shape factor* (0,9-1)

$B_{rad}$  = FWHM (*Full Width at Hall Maximum*) (°)

D = ukuran kristal (nm)

$\cos \theta$  = sudut antara sinar datang dengan bidang normal

Penentuan energi gap pada karakterisasi PSA menggunakan Persamaan 2.

$$E_{gap} = \frac{1240}{\lambda_{maksimum}} \quad (2)$$

dengan :

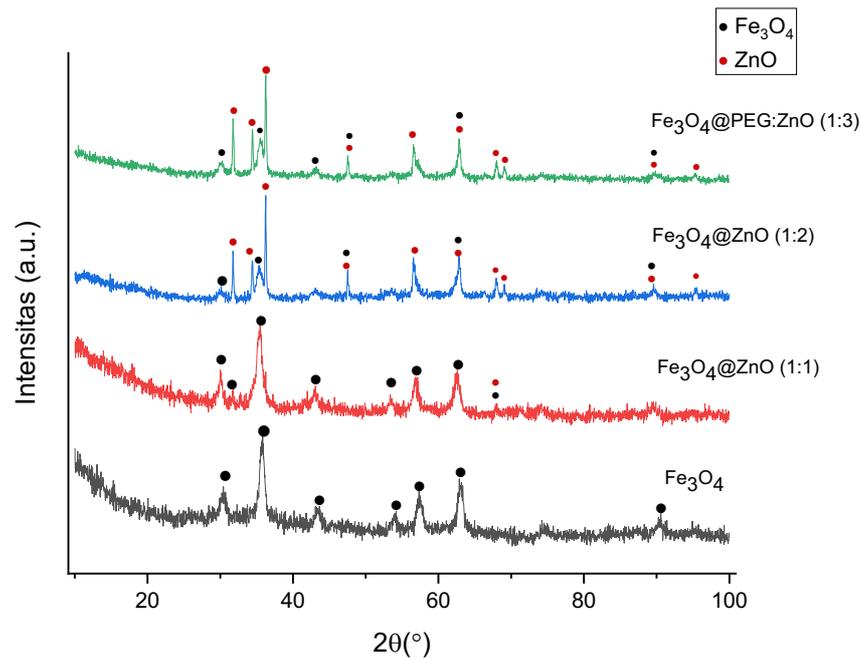
$E_{gap}$  = Energi gap (eV)

$\lambda_{maksimum}$  = panjang gelombang pada absorbansi maksimum (nm)

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Analisis Struktur Kristal Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO

Pengamatan untuk melihat struktur kristal dari nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dilakukan dengan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Variasi sampel yang digunakan yaitu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ ZnO(1:1), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO(1:2) dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO (1:3). Pola difraksi pada sampel yang diuji ditampilkan pada Gambar 1. Pola difraksi yang didapatkan dari hasil karakterisasi dibandingkan dengan pola difraksi yang terdapat pada data *International for Diffraction Database* (ICDD).



**Gambar 1** Grafik hasil uji *X-Ray Diffraction* (XRD) pada variasi sampel

Berdasarkan Gambar 1 sampel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> menunjukkan puncak tertinggi berada pada sudut  $2\theta:35,5^\circ$ . Senyawa yang terbentuk adalah besi oksida dengan struktur kristal *cubic*. Sampel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO dengan variasi 1:1 menunjukkan puncak tertinggi berada pada sudut  $2\theta:35,49^\circ$ . Senyawa yang terbentuk adalah besi oksida dan zink oksida. Struktur kristal besi oksida adalah *monoclinic*, sedangkan struktur kristal zink oksida adalah *hexagonal*. Sampel dengan variasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO variasi 1:2 menunjukkan puncak tertinggi berada pada  $2\theta = 36,2^\circ$ . Senyawa yang terbentuk adalah besi oksida dan zink oksida. Struktur kristal besi oksida adalah *rhombohedral*, sedangkan struktur kristal zink oksida adalah *hexagonal*. Sampel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:3 menunjukkan puncak tertinggi berada pada sudut  $2\theta:36,3^\circ$ . Senyawa yang terbentuk adalah besi oksida dan zink oksida. Struktur kristal besi oksida adalah *cubic*, sedangkan struktur kristal zink oksida adalah *hexagonal*.

### 3.2 Analisis Ukuran Kristal Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO

Ukuran kristal nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO ditentukan dengan menggunakan Persamaan Debye Scherrer seperti Persamaan 1 dapat dilihat pada Tabel 1. Variasi sampel yang digunakan yaitu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO(1:1), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO(1:2) dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO (1:3).

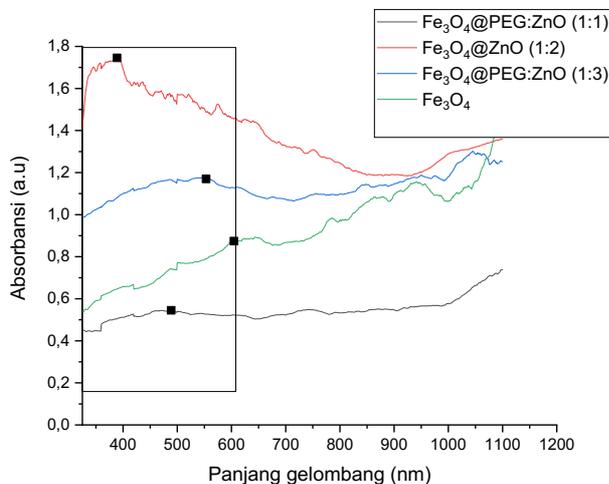
**Tabel 1** Ukuran Kristal

| Variasi                                      | K   | $\lambda$ (nm) | B (rad) | Cos $\Theta$ | D (nm) |
|--|-----|----------------|---------|--------------|--------|
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>               | 0,9 | 0,1540         | 0,01    | 0,953        | 14,54  |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @ZnO(1:1)     | 0,9 | 0,1540         | 0,01    | 0,952        | 14,59  |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @ZnO(1:2)     | 0,9 | 0,1540         | 0,05    | 0,950        | 2,91   |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @PEG:ZnO(1:3) | 0,9 | 0,1540         | 0,05    | 0,950        | 2,91   |

Kristal yang memiliki ukuran kecil disebut dengan nanokristal. Nanokristal memiliki area permukaan yang lebih luas daripada kristal dalam ukuran besar (bulk). Hal ini menyebabkan meningkatnya reaktifitas dan kekuatan optik dari suatu material. Ukuran kristal paling kecil terdapat pada sampel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO variasi 1:2 dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO variasi 1:3. Hal ini membuat sampel dengan variasi tersebut memiliki reaktivitas dan sifat optik yang lebih baik daripada sampel dengan variasi yang lain.

### 3.3 Nilai Absorbansi dan Celah Pita Energi

Karakterisasi material nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO selanjutnya menggunakan *UV-Vis Spectrometry* untuk menentukan nilai lebar celah energi untuk semua variasi sampel. Variasi sampel yang digunakan yaitu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO(1:1), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO(1:2), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO(1:3) dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.



**Gambar 2** Grafik hasil uji *UV-Vis Spectrometry* pada variasi konsentrasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, PEG, dan ZnO

Gambar 2 memperlihatkan hasil karakterisasi *UV-Vis Spectrometry* pada nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO. Berdasarkan hasil karakterisasi diperoleh nilai panjang gelombang (nm) terhadap nilai absorbansi. Adapun nilai serapan maksimum partikel untuk variasi sampel ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Serapan maksimum partikel

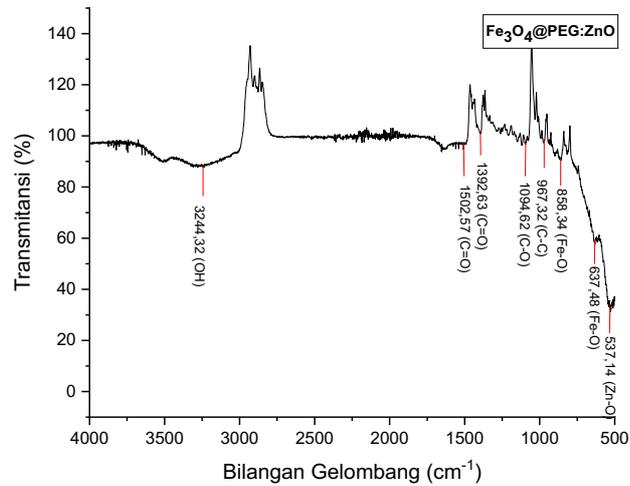
| Sampel                                       | Absorbansi | Panjang gelombang(nm) |
|--|------------|-----------------------|
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>               | 0,854      | 600                   |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @ZnO (1:1)    | 0,547      | 484                   |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @ZnO (1:2)    | 1,742      | 390                   |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @PEG:ZnO(1:3) | 1,169      | 550                   |

Karakterisasi menggunakan *UV-Vis Spektrometry* bertujuan untuk menentukan nilai celah pita energi untuk semua variasi sampel. Nilai celah pita energi didapatkan melalui perhitungan energi gap seperti pada Persamaan 2. Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> menunjukkan bahwa puncak absorbansi tertinggi adalah 0,854 dengan nilai panjang gelombangnya 600 nm. Berdasarkan hasil perhitungan energi gap diperoleh nilai celah pita energi sebesar 2,06 eV pada sampel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO variasi 1:1 menunjukkan bahwa puncak absorbansi tertinggi adalah 0,547 dengan nilai panjang gelombangnya 484 nm. Berdasarkan hasil perhitungan energi gap diperoleh nilai celah pita energi sebesar 2,56 eV pada nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO variasi 1:1. Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO variasi 1:2 menunjukkan bahwa puncak absorbansi tertinggi adalah 1,742 dengan nilai panjang gelombangnya 390 nm. Berdasarkan hasil perhitungan energi gap diperoleh nilai celah pita energi sebesar 3,17 eV pada nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO variasi 1:2. Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:3 menunjukkan bahwa puncak absorbansi tertinggi adalah 1,169 dengan nilai panjang gelombangnya 550 nm. Berdasarkan hasil perhitungan energi gap diperoleh nilai celah pita energi sebesar 2,25 eV pada nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:3. Hasil pengujian *UV-Vis Spectrometry* menunjukkan bahwa nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2 memiliki nilai absorbansi maksimum dan celah pita energi paling tinggi.

### 3.4 Hasil Analisis dengan FTIR

Pengujian FTIR dilakukan pada material nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2. Pengujiannya bertujuan untuk melihat gugus molekul yang terdapat pada nanokomposit. Hasil pengujian

menunjukkan adanya puncak-puncak transmisi yang berkaitan dengan energi vibrasi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO yang ditunjukkan pada Gambar 3.

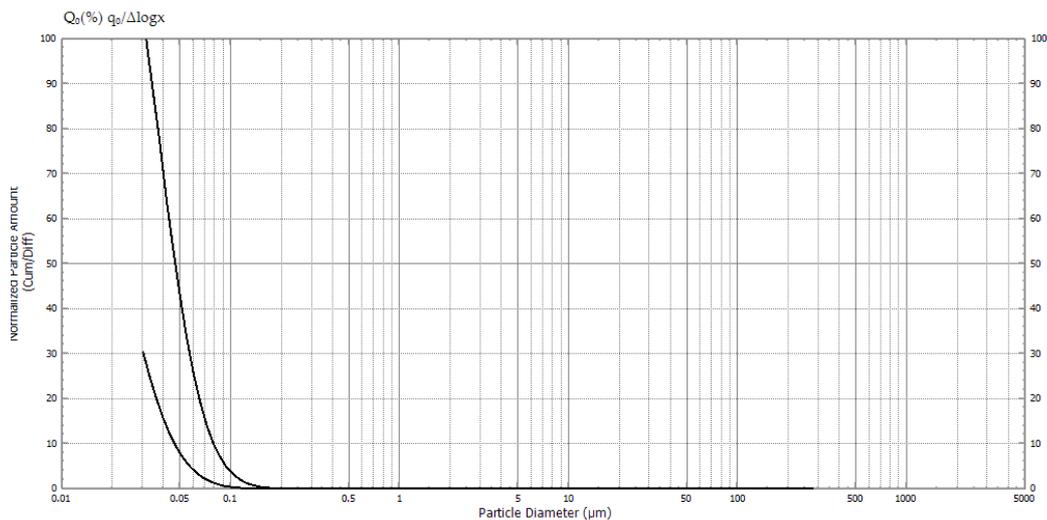


**Gambar 3** Pola FTIR nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2

Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat gugus O-H pada bilangan gelombang 3244,32 cm<sup>-1</sup>. Puncak vibrasi ini menunjukkan adanya serapan molekul air pada permukaan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Puncak serapan pada bilangan gelombang pada 1502,57 cm<sup>-1</sup> dan 1393,63 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terjadinya ikatan C=O yang berasal dari karbon aktif selama proses sintesis. Puncak serapan pada bilangan gelombang pada 1094,62 cm<sup>-1</sup> dan 967,32 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terjadinya ikatan C-O dan C-C yang menandakan terbentuknya PEG pada sampel. Puncak serapan pada bilangan gelombang 537,14 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terjadinya ikatan Zn-O. Hal ini membuktikan bahwa sintesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO berhasil dilakukan.

### 3.5 Analisis Ukuran Partikel

Karakterisasi PSA dilakukan terhadap material nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2. Pengujian ini bertujuan untuk melihat distribusi ukuran partikel yang terdapat pada nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO.



**Gambar 4** Grafik distribusi ukuran partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2

Gambar 4 menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO pada rentang 0,246 µm (246 nm) hingga 0,030 µm (30 nm) dan distribusi ukuran partikel rata-rata adalah 0,0396 µm (40 nm). Pengujian ini membuktikan bahwa sintesis nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO telah berhasil dilakukan untuk mendapatkan nanokomposit dengan ukuran dalam orde nanometer.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan dari hasil karakterisasi menggunakan XRD, *UV-Vis Spectrometry*, FTIR dan PSA. Hasil karakterisasi XRD pada sampel dengan variasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO 1:1, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO 1:2, dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO 1:3 menunjukkan struktur besi oksida berturut-turut adalah *cubic*, *monoclinic*, *rhombohedral*, dan *cubic*. Sedangkan struktur kristal adalah *hexagonal*. Ukuran diameter kristal berturut-turut sebesar 14,54 nm; 14,59 nm; 2,91 nm; dan 2,91 nm. Karakterisasi *UV-Vis spektrometry* menunjukkan bahwa nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2 memiliki nilai absorbansi maksimum dan celah pita energi paling tinggi. Pengujian FTIR menunjukkan adanya ikatan O-H yang menunjukkan adanya serapan molekul air pada permukaan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ikatan C-O dan C-C menunjukkan terbentuknya PEG, dan ikatan Zn-O menunjukkan terbentuknya ZnO. PSA menunjukkan nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PEG:ZnO dengan variasi 1:2 memiliki distribusi distribusi ukuran partikel pada rentang 0,246 µm (246 nm) hingga 0,030 µm (30 nm) dan ukuran partikel rata-rata adalah 0,0396 µm (40 nm).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Albertsson, Abe,A., Du,E.D.K., JeuW.H.D., Kobayashi,H.K.S., Leibler,K.L.L., Möller,I.M., Terentjev,M., and Wiesner,U., *Self-Assembled Nanomaterials II, Self-Assembled Nanomaterials II*, 2008.
- Dadfar, Mohammad,S.A, Camozzi,D., Darguzyte,M., Roemhild, K., Varvarà,P., Metselaar, J., Banala, S., "Size-Isolation of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles Improves MRI, MPI and Hyperthermia Performance", *Journal of Nanobiotechnology*, 2020.
- Kratz, Taupitz,M.H, Schellenberger,A.A.D., Kosch,O., Eberbeck, D., Wagner,S., Trahms,L., Hamm,B., and Schnorr,J., "Novel Magnetic Multicore Nanoparticles Designed for MPI and Other Biomedical Applications: From Synthesis to First in Vivo Studies", *PLoS ONE 13*, 2018.
- Maalej, Nabil,M., Qurashi.A., Assadi, A.A., Maalej,R., Shaikh,M.N., Ilyas,M., and Gondal, A.M., "Synthesis of Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu Nanoplatelets for MRI and Fluorescence Imaging", *Nanoscale Research Letters*, 2015.
- Zavisova, Vlasta, Koneracka,M., Kovac, J., Kubovcikova,M., Antal,I., Kopcansky, P., Bednarikova, M., and Muckova,M., "The Cytotoxicity of Iron Oxide Nanoparticles with Different Modifications Evaluated in Vitro." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2015.
- Zhao, Xinyu, Yu,Q., Yuan,J., Nitish,V., Thakor., and Tan,M.C., "Biodegradable Rare Earth Fluorochloride Nanocrystals for Phototheranostics", *RSC Advances*, 2020.