

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$ DENGAN METODA PRESIPITASI

Didin S. Winatapura, Sari H. Dewi dan Ridwan  
Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju - BATAN  
Gd. 42 Kawasan PUSPIPTEK Serpong - Tangerang  
[Email:didinsw@batan.go.id](mailto:didinsw@batan.go.id)

### ABSTRAK

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZNO}$  DENGAN METODA PRESIPITASI.** Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  telah disintesis melalui metoda presipitasi dengan rasio antara  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{ZnO}$  adalah 1:1, 1:2 dan 1:3. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan difraktometer sinar-X (XRD), *scanning electron microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan *energy dispersive spectrophotometer* (EDS), *vibrating sample magnetometer* (VSM) dan *transmission electron microscope* (TEM). Pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel tersusun dari fasa nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan fasa  $\text{ZnO}$ . Nilai saturasi magnet ( $M_s$ ) dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang diukur dengan VSM diperoleh sekitar 62,92 emu/g, namun kemudian nilai  $M_s$  turun hingga 13,60 emu/g dengan penambahan kandungan  $\text{ZnO}$ . Pengamatan sampel dengan TEM menunjukkan aggregate  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan stuktur berbentuk bola berdiameter sekitar 20 nm dan tertanam dalam *shell*  $\text{ZnO}$ . Spektrum EDS mengungkapkan bahwa dalam komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  hanya teramati tiga jenis unsur, yakni Fe, Zn dan O. Hal ini menunjukkan bukti bahwa lapisan diatas permukaan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah *shell*  $\text{ZnO}$ . komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  dengan rasio antara  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{ZnO}$  adalah 1: 2 memperlihatkan pelapisan  $\text{ZnO}$  yang lebih homogen.

**Kata Kunci:** komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$ , fotokatalis, saturasi magnet

### ABSTRACT

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  COMPOSITE THROUGH PRECIPITATION METHOD.**  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  composite has been synthesized through precipitation method with the ratio between  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{ZnO}$  are 1:1, 1:2, dan 1:3. Characterization of the sample was performed using X-ray diffractometer (XRD), scanning electron microscope (SEM) equipped with energy dispersive spectrophotometer (EDS), vibrating sample magnetometer (VSM) and transmission electron microscope (TEM). The XRD pattern shows that the sample consisted of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles and  $\text{ZnO}$  phases. Magnetic saturation value ( $M_s$ ) of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  were measured by VSM obtained about 62.92 emu / g, but then the value of  $M_s$  dropped to 13.60 emu/g with the addition of  $\text{ZnO}$  content. TEM observation showed a spherical structure of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  aggregate about 20 nm in diameter, and embedded in the  $\text{ZnO}$  shell. EDS spectrum revealed that the  $\text{Fe}_3\text{O}_4 @\text{ZnO}$  composites were only observed three types of elements, namely Fe, Zn and O. This shows evidence that the coating on the surface of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles is the outer shell of  $\text{ZnO}$ .  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  composites with  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{ZnO}$  ratio is 1: 2 shows a more homogeneous coating  $\text{ZnO}$ .

**Keywords:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  composites, photo-catalysts, magnetic saturation

### PENDAHULUAN

Salah satu metode pengolahan limbah tanpa endapan setelah proses berlangsung adalah menggunakan suatu bahan semikonduktor yang bersifat katalis. Metode pengolahan limbah dengan bahan katalis semikonduktor ini sangat efektif untuk polutan yang bersifat organik [1-3]. Fungsi utama bahan katalis di dalam larutan limbah adalah sebagai elektron donor yang dapat membentuk radikal bebas  $\cdot\text{OH}$  [4]. Elektron pada pita valensi (PV) tereksitasi ke pita konduksi (PK) dan kemudian bermigrasi ke permukaan katalis. Mekanisme perpindahan elektron ini sangat bergantung pada lebar celah energi ( $E_g$ ) antara PV dan PK. Bahan katalis semikonduktor yang banyak dikembangkan adalah  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  dan  $\text{CdS}$ . Namun demikian, saat ini  $\text{ZnO}$  dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti  $\text{TiO}_2$  karena kelebihan yang dimilikinya, antara lain memiliki *direct band gap* sehingga energi aktivasi cukup berasal dari sinar tampak (misalnya sinar matahari) [4,5].

Aplikasi sistem reaktor *slurry* untuk proses fotokatalitik memberikan konsep yang sederhana dengan menghasilkan aktivitas fotokatalis yang tinggi [6]. Hal ini karena pada sistem tersebut, partikel katalis ditebar langsung ke dalam limbah cair. Namun demikian, setelah proses berlangsung akan menghasilkan endapan dan membutuhkan proses penyaringan mekanik yang rumit. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut, maka pembentukan sistem komposit magnet katalis merupakan solusi yang efektif. Bahan fotokatalis setelah proses pengolahan limbah dapat diambil kembali dari cairan limbah dengan menggunakan batangan magnet permanen ataupun sistem elektromagnet lainnya. Penggabungan partikel magnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan bahan fotokatalis ZnO membentuk bahan komposit cukup efektif dan sederhana serta dapat dengan mudah dalam pengambilan kembali fotokatalis. Berbagai metode untuk sintesis sistem komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO telah dilakukan dengan menghasilkan ukuran dan bentuk partikel yang dapat dikontrol menggunakan metoda solvotermal [7], sol-gel [8] dan kopresipitasi [9] untuk aplikasi baik kesehatan maupun lingkungan. Sifat magnetik pada bahan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO berfungsi untuk pengambilan partikel-partikel fotokatalis setelah proses pengolahan limbah dilakukan [10]. Keuntungan lain dari penggabungan partikel magnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan ZnO adalah bisa mengurangi agregasi nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> [11] dan meningkatkan daya tahan katalis [12].

Dalam penelitian ini, komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO disintesis melalui metoda presipitasi dengan perbandingan (berat) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>: ZnO sebesar 1: 1; 1: 2 dan 1: 3. Adanya variasi komposisi ZnO yang berbeda, diharapkan dapat mengetahui ketebalan *shell* luar ZnO yang optimum setelah terbentuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO. *Shell* luar ZnO akan sangat berpengaruh terhadap aktivitas fotokatalitik maupun sifat magnet Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. *Shell* luar ZnO yang terlalu tebal, maka *surface area* yang dihasilkan kecil, sehingga aktivitas fotokatalitik rendah. Demikian pula sifat magnet *core* Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> akan semakin kecil, sehingga katalis mengalami kesulitan dikumpulkan dengan medan magnet. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan sintesis dan karakterisasi komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO melalui metoda presipitasi dan mempelajari parameter lain yang mempengaruhinya. Fasa yang terbentuk, morfologi permukaan, morfologi permukaan, analisis unsur, sifat magnet dan morfologi partikel yang terkandung dalam komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO dianalisis dengan difraktometer sinar-X, *scanning electron microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan *energy dispersive spectrophotometer* (EDS), *vibrating sample magnetometer* (VSM) dan *transmission electron microscope* (TEM).

## TATA KERJA

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan dasar dengan kemurnian tinggi antara lain: FeCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O dan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O sebagai prekursor Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> untuk pembentukan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnCl sebagai prekursor ZnO, NaOH sebagai bahan presipitator yang diperoleh dari katalog Merck. Peralatan untuk pembuatan oksida besi, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO antara lain: *beaker glass*, pH meter, *thermometer*, *magnetic* dan *overhead stirrer* serta pompa peristaltik.

### Metodologi

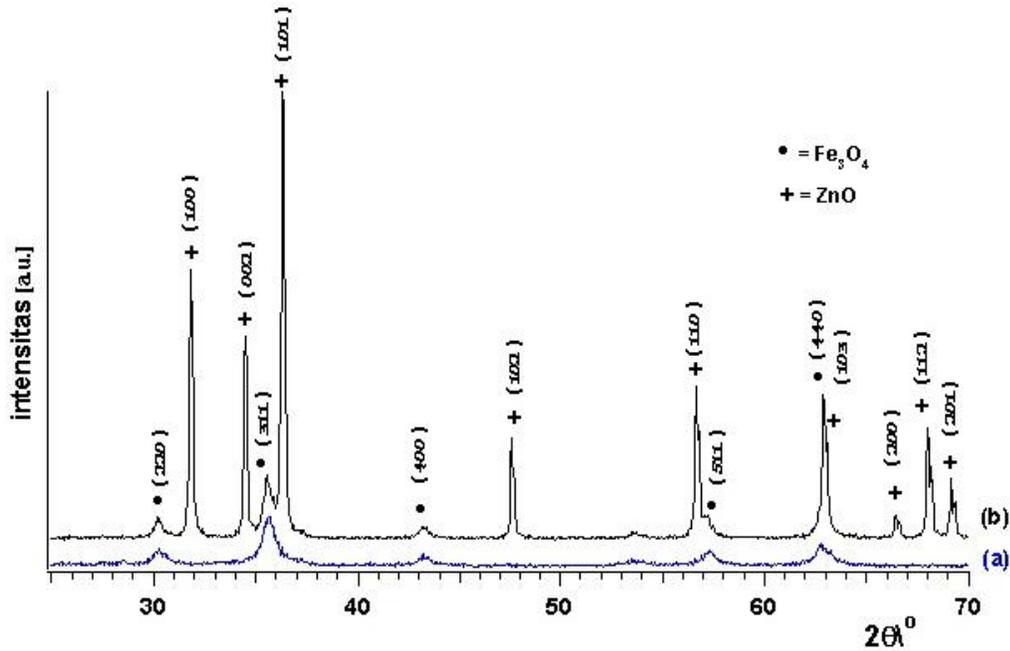
Proses sintesis magnet Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> diawali dengan melarutkan prekursor Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> dengan perbandingan 2: 1 di dalam air de-ionisasi, sambil diaduk dan dialiri gas nitrogen (N<sub>2</sub>). Setelah larutan Fe mencapai suhu 70 °C, larutan NaOH 3-M dimasukkan perlahan-lahan ke dalam larutan Fe dengan kecepatan tinggi. Penambahan larutan NaOH dihentikan setelah mencapai pH 12, namun suhu larutan masih tetap 70 °C sambil terus diaduk selama 3 jam. Endapan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hasil sintesis dicuci dengan air dan etanol dengan perbandingan 1: 1 hingga pH 7.

Endapan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> didispersi dalam 100 ml air sambil diaduk dan pada suhu 70 °C ditambahkan perlahan-lahan larutan ZnCl dan NaOH hingga pH = 12. Larutan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO terus diaduk selama 24 jam dan kemudian dicuci hingga pH = 7, dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu 300 °C selama 2 jam. Variasi komposisi (molar) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>: ZnO adalah 1: 1; 1: 2 dan 1: 3. yang dinotasikan FZn-1, FZn-2 dan FZn-3. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO hasil proses sintesis kemudian dikarakterisasi dengan peralatan difraktometer sinar-X (XRD), *scanning electron microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan *energy dispersive spectrophotometer* (EDS), *vibrating sample magnetometer* (VSM) dan *transmission electron microscope* (TEM).

## HASIL dan PEMBAHASAN

Pola XRD serbuk Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO diperlihatkan pada Gambar 1. Berdasarkan pola XRD pada Gambar 1, tampak bahwa nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> terbentuk dengan fasa tunggal dan sesuai dengan data base JCPDS no. 19-0629. Dengan melihat puncak difraksi yang cenderung melebar,

diperkirakan ukuran kristalit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  cukup kecil. Gambar 1b merupakan pola XRD serbuk nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$ . Dari Gambar 1b terlihat bahwa pola XRD yang terbentuk tersusun dari dua fasa, yaitu fasa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang ditandai ( $\bullet$ ) dan fasa ZnO ditandai ( $+$ ).



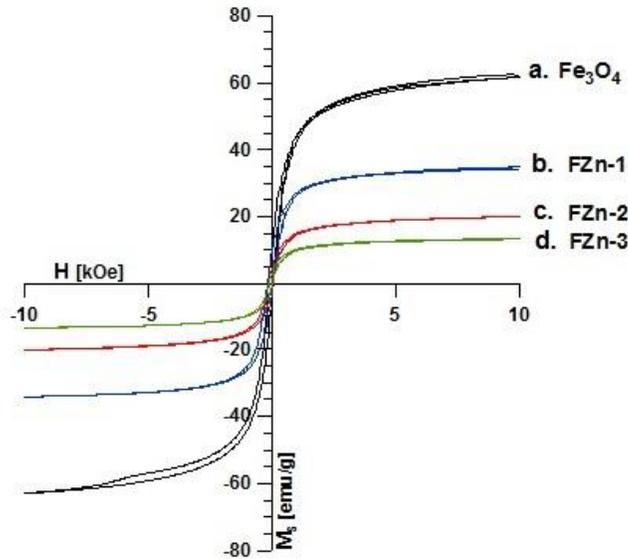
**Gambar 1.** Pola difraksi sinar-X untuk sistem fasa a).  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , b).  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$  dari sampel FZn-3.

Sifat kemagnetan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$  dari sampel FZn-1, FZn-2 dan FZn-3 diukur menggunakan VSM dengan rentang medan magnet 1 T. Hasil pengukuran sifat magnetik nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  diperlihatkan pada Gambar 2a. Dari Gambar 2a tampak bahwa kurva magnetisasi nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hampir tidak menghasilkan histerisis dengan nilai koersivitas ( $H_c$ ) sangat rendah. Ini menunjukkan bahwa nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berperilaku superparamagnetik. Perilaku nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  setelah terbentuk komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$  ditunjukkan pada Gambar 2b - 2d. Berdasarkan kurva histerisis M – H pada Gambar 2, tampak jelas adanya perbedaan yang signifikan antara nilai magnet saturasi ( $M_s$ ) nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$  dengan jumlah kandungan ZnO yang berbeda. Dari kurva histerisis M – H pada Gambar 2, dapat ditentukan nilai  $M_s$  dan  $H_c$  dari semua sampel, seperti dicantumkan pada Tabel 1.

Berdasarkan kurva histerisis M – H pada Gambar 2a, nilai  $M_s$  dari nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terukur sekitar 62,92 [emu/g]. Namun, setelah terbentuk komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$ , nilai  $M_s$  terus menyusut dengan penambahan jumlah kandungan ZnO, seperti ditunjukkan pada Gambar 2b-d. Pada sampel FZn-1 dengan perbandingan (berat)  $\text{Fe}_3\text{O}_4/ZnO$  adalah 1/1, Nilai  $M_s$  terukur sekitar 34,18 [emu/g], hampir setengah dari nilai  $M_s$  nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Gambar 2b). Pada sampel FZn-2 (Gambar 2c), nilai  $M_s$  tampak turun lagi ke 20,20 emu/g sepertiga dari nilai  $M_s$  nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Nilai  $M_s$  terendah diperoleh sekitar 13,60 emu/g pada sampel FZn-3 (Gambar 2d). Pada sampel FZn-3, jumlah kandungan ZnO tiga kali lebih besar dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dengan nilai  $M_s$  hampir enam kali lebih kecil dari nilai  $M_s$  nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Penurunan magnet saturasi pada komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$  ini dapat dipahami mengingat dalam sampel tersebut terdapat fraksi ZnO yang tidak bersifat magnet yang dapat menurunkan jumlah momen magnetik dalam bahan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$ . Semakin tinggi kandungan ZnO dalam bahan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$ , maka jumlah momen magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  akan semakin berkurang. Akibatnya, nilai magnet saturasi juga semakin rendah. Sifat magnet yang dimiliki oleh komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$  ini sangat diperlukan, mengingat dalam aplikasinya sifat magnet tersebut menggantikan fungsi saringan mekanik dalam proses pengolahan limbah cair. Bila kekuatan magnet

yang dimiliki oleh komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO ini sangat lemah, maka akan menyulitkan dalam pengumpulan dan daur ulang kembali bahan katalis dari air limbah.



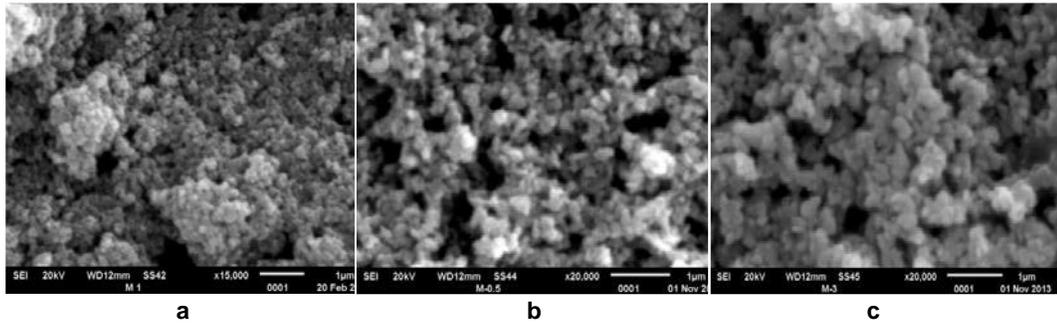
**Gambar 2.** Kurva histerisis a). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, b). FZn-1, c). FZn-2 dan d). FZn-3 hasil pengukuran dengan VSM.

**Tabel 1.** Sifat magnet nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO hasil pengukuran dengan VSM

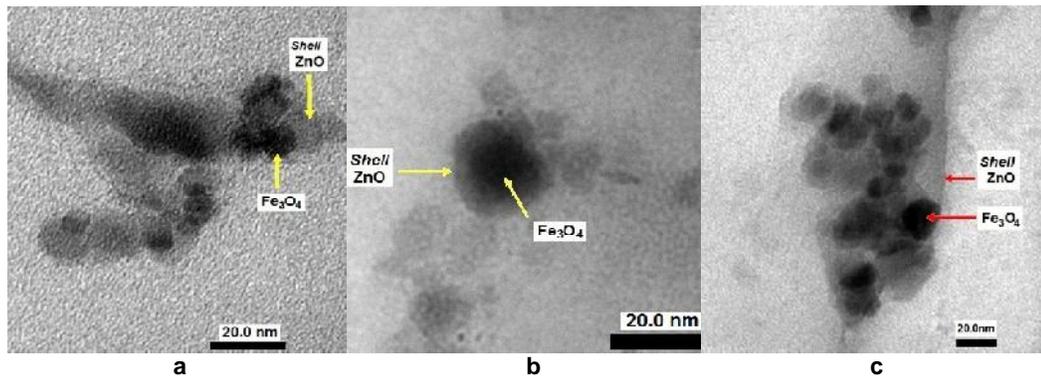
Sampel	Rasio		Sifat Magnet	
	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	ZnO	Ms [emu/g]	Hc [kOe]
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	-	62,92	0,02
FZn-1	1	1	34,18	0,05
FZn-2	1	2	20,20	0,05
FZn-3	1	3	13,60	0,01

Struktur morfologi dari komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO diamati dengan peralatan SEM. Gambar 3 memperlihatkan morfologi komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO dari sampel FZn-1, FZn-2 dan FZn-3 untuk kandungan ZnO yang berbeda-beda. Gambar 3a adalah *image* SEM sampel FZn-1, ukuran serbuk yang kecil (<<1 μm) meskipun telah dilapisi ZnO. Oleh karena sifat magnet yang cukup tinggi, sehingga diantara partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan tetangga terdekatnya cenderung membentuk agregat. Gambar 3b memperlihatkan *image* SEM dari morfologi sampel FZn-2. Ukuran butir tampak sedikit lebih besar dari butiran pada sampel FZn-1. Dengan kandungan ZnO yang dua kali besar, agregasi antar butir sudah mulai berkurang (Gambar 3c). Dengan penambahan kandungan ZnO tiga kali lebih besar pada sampel FZn-3, ukuran butir semakin besar dan permukaan butir lebih halus. Perbedaan pada ukuran butir tersebut sangat erat terkait dengan ketebalan lapisan ZnO pada permukaan nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Untuk mengetahui gambaran morfologi yang lebih mendalam, komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO diamati dengan TEM, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Selain itu, analisis EDS dilakukan untuk menentukan komposisi dari komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO. Hasil pengamatan dengan spektrum EDS untuk ketiga komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO dari sampel FZn-1, FZn-2 dan FZn-3 ditampilkan dalam Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 ditunjukkan bahwa komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO tersusun dari tiga jenis unsur, yaitu Fe, Zn dan O. Hasil-hasil pengamatan yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki kemiripan dengan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu [7].



**Gambar 3.** *Image* SEM komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  sampel a). FZn-1, b). FZn-2 dan c). FZn-3.



**Gambar 4.** *Bright field image* TEM komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$  sampel a). FZn-1, b). FZn-2 dan c). FZn-3.

**Tabel 2.** Hasil pengamatan spektrum EDS untuk rasio kandungan Fe dan Zn dalam komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$

Sampel	% atom		
	Fe	Zn	O
FZn-1	26,95	29,46	43,59
FZn-2	16,80	33,79	49,41
FZn-3	14,08	38,92	46,69

Gambar 4a - 4c menunjukkan *image* TEM dari sampel FZn-1, FZn-2 dan FZn-3 menggunakan metoda *bright field image*. Dari morfologi TEM pada Gambar 4a nampak bahwa agregat nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memperlihatkan morfologi bentuk bola berukuran lebih kecil dari 20 nm. Kluster-kluster ini teratur menyerupai struktur seperti rantai disebabkan adanya interaksi *dipole* magnet diantara partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terdekat [13]. Berdasarkan pada Gambar 4a, sudah terlihat jelas adanya lapisan ZnO (warna abu-abu) yang melapisi agregat nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Sifat magnet sampel FZn-1 ini masih tinggi, namun distribusi lapisan ZnO sebagian masih tipis dan tidak terdistribusi secara homogen. Gambar 6b adalah *image* TEM sampel FZn-2, dengan kandungan ZnO dua kali lebih besar dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Dari Gambar 64b tampak agregat nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (warna hitam) telah tertanam dalam lapisan ZnO (warna abu-abu). Diameater agregat partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari hasil pengamatan TEM ini berukuran lebih kecil dari 20 nm dan diameter lapisan ZnO diperoleh sekitar 30 nm. Berdasarkan hasil pengatan TEM ini terlihat lapisan ZnO telah terdistribusi lebih homogen. Morfologi sampel FZn-2 ini memiliki nilai  $M_s$  tiga kali lebih kecil dari nilai  $M_s$   $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , lihat pada Gambar 2. Gambar 4c merupakan *image* TEM dari sampel FZn-3. Dapat dilihat dengan jelas bahwa agregat nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah tertutupi oleh lapisan ZnO. Pada sampel FZn-3, jumlah kandungan ZnO tiga kali lebih banyak dari pada kandungan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , sehingga tampak lapisan ZnO

yang terbentuk sangat tebal. Berdasarkan hasil pengamatan dengan TEM, ketebalan lapisan ZnO lebih besar dari 20 nm dan tidak terdistribusi secara homogen. Besar ukuran butiran. Dalam hal ini dapat dikaitkan dengan nilai  $M_s$  komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO dari sampel FZn-3 ini, enam kali lebih kecil dari nilai  $M_s$  nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, lihat pada Gambar 2.

## KESIMPULAN

Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO telah berhasil disintesis melalui metoda presipitasi. Hasil pengukuran dengan difraktometer sinar-X menegaskan terjadi pembentukan komposit yang tersusun dari fasa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan fasa ZnO. Nilai  $M_s$  nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang diukur dengan VSM diperoleh sekitar 62,92 emu/g. Setelah terbentuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO, nilai  $M_s$  terus menyusut setelah dienkapsulasi dalam lapisan ZnO. Semakin besar jumlah kandungan ZnO yang melapisi permukaan nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, nilai  $M_s$  semakin rendah. Hasil pengamatan dengan TEM menunjukkan bahwa komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO tersusun dari *core* berupa agregat nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> tertanam dalam *shell* ZnO. Pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO dari sampel FZn-3, agregat partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berukuran lebih kecil dari 20 nm dan lapisan ZnO diperoleh sekitar 30 nm. Distribusi lapisan ZnO pada sampel FZn-2 relatif lebih homogen bila dibandingkan distribusi lapisan ZnO pada sampel FZn-1 dan FZn-3. Nilai  $M_s$  yang terukur dengan VSM pada sampel FZn-2 diperoleh sekitar 20,20 emu/gr tiga kali lebih kecil dari nilai  $M_s$  *core* Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Hasil pencacahan dengan spectrum EDS mengungkapkan bahwa dalam ketiga komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnO hanya terdapat tiga jenis unsur, yaitu Fe, O dan Zn.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Daftar Isian Proyek Anggaran Tahun 2013 dengan judul kegiatan "Pembuatan prototipe Bahan Nano Komposit Magnet untuk Pengolahan Limbah".

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. YANG S, HE H, WU D, CHEN D, LIANG X, QIN Z, FAN M, ZHU J and YUAN P, *Applied Catalysis B: Environmental* 89, p.527-535, 2009
- [2]. REDA S.M, Synthesis of ZnO and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles by Sol-gel Method and their Application in Dye Sensitized Solar Cell, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 12, 417 – 425, 2010
- [3]. SAFARI M, ROSTAMI H. M, ALIZADEH M, ALIZADEHBIRJANDI A, ALI NAKHLI S. A and AMINZADEH R, Response Surface Analysis of Photocatalytic Degradation of Methyl Tert-butyl Ether by Core/shell Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Nanoparticles, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12, p. 7 – 13, 2014
- [4]. YADOLLAH ABDOLLAHI, ABDULLAH A, ZAINAL Z and NOR AZAH YUSOF, Photocatalytic Degradation of *p*-Cresol by Zinc Oxide under UV Irradiation, *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, 8, p.135-144, 2011
- [5]. SINGH S, BARICK K. C, and BAHADUR D, Functional Oxide Nanomaterials and Nanocomposites for the Removal of Heavy Metals and Dyes, *Nanomaterials and Nanotechnology*, 3, p. 1-19, 2013
- [6]. ZHAO MENG and ZHANG JUAN, Wastewater treatment by photocatalytic oxidation of Nano-ZnO, *Global Environmental Policy in Japan*, 12, pp. 1 – 9, 2008
- [7]. KYONG-HOON CHOI, WEON-SIK CHAE, EUN-MEE KIM and JONG-HO JUN, A Facile Fabrication of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Core-Shell Submicron Particles With Controlled Size, *IEEE Transactions on Magnetics*, 47, pp. 1 – 4, 2011
- [8]. HASANPOUR A, NIYAIFAR M, and ASAN M, Synthesis and Characterization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> & ZnO Nanocomposites by Sol- Gel Method, *Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4)*, Iran 12-14 March, 2012
- [9]. NIKAZAR M., ALIZADEH M., REZA LALAVI and HOSSEIN R.M., The optimum conditions for synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO core/shell magnetic nanoparticles for photo-degradation of phenol, *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 12, pp. 2-6, 2014
- [10]. ZHU Y. F., FAN D. H., and W. SHEN W. Z., *J. Phys. Chem. C*, 111, p.18629-18635, 2007
- [11]. LEE H. K., DO S.H. and KONG S. H., *Proceeding of the world congress on engineering and computer science, WCECS*, II, October 20-22, 2010.

- [12]. MOJTABA SAFARI, ROSTAMI M. H, MEHRIANA ALIZADEH M, ATEFEH ALIZADEHBIRJANDI and AMINZADEH R., Response Surface Analysis of Photocatalytic Degradation of Methyl Tert-butyl Ether by Core shell  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  Nanoparticles, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12, pp. 1-21, 2014.
- [13]. PEDRO M. ÁLVAREZA, JARAMILLO J, LÓPEZ-PIÑERO F and PLUCINSKI P. K., Preparation and Characterization of Magnetic  $\text{TiO}_2$  Nanoparticles and their Utilization for the Degradation of Emerging Pollutants in Water, *Applied Catalysis B: Environmental* 100, pp. 338–345, 2010.