

## SINTESIS MATERIAL NANO $Fe_3O_4$ DARI KARAT BESI YANG BERPOTENSI DIAPLIKASIKAN SEBAGAI SOLAR ABSORBER PADA QUANTUM DOT SENSITIZED SOLAR CELL (QDSSC)

Hani Ma'rufah<sup>1</sup>, Siti Rohmaniah<sup>1</sup>, Muhamat Aripin<sup>2</sup>, dan Heri Sutanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.

<sup>2</sup>Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.

E-mail: [hanimarufah.2016@fisika.fsm.undip.ac.id](mailto:hanimarufah.2016@fisika.fsm.undip.ac.id)

Received: 21 Juni 2019; revised: 04 Juli 2019; accepted: 06 Juli 2019

### ABSTRACT

Iron (Fe) corrosion that occurs in nature produces iron oxide ( $Fe_3O_4$ ). The  $Fe_3O_4$  has the strongest magnetic properties than in other phases such as  $Fe_2O_3$ . So far,  $Fe_3O_4$  material from iron rust has not been widely used and further processed. If the material is made in the size of nano-meter,  $Fe_3O_4$  will have ferromagnetic properties and have broad application opportunities. One of advantages is its ferromagnetic properties can absorb electromagnetic waves. High energy milling (HEM) is a physical method for making nano  $Fe_3O_4$ . One application of nano  $Fe_3O_4$  material is as a solar absorber on quantum dot sensitized solar cell (QDSSC). In this research, the synthesis of  $Fe_3O_4$  nano material from iron rust as solar absorber on QDSSC has been studied. One of the criteria of a solar absorber can be seen from the optical properties. From the scanning electron microscopy (SEM) test, it can be observed that the behavior of milling can reduce the size of the material. From the energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) test results, it was proven that pure synthesized material only contained Fe and O. From the X-ray diffractometer (XRD) test showed specific peaks formed were: 29.5, 35.0, 43.0, 54.0, 57.0, and 63.0. The UV-Vis test showed the band gap energy obtained was 3.3 eV.

Keywords: Corrosion iron, solar absorber, QDSSC

### ABSTRAK

Korosi besi (Fe) yang terjadi di alam dapat menghasilkan besi oksida ( $Fe_3O_4$ ). Besi oksida  $Fe_3O_4$  memiliki sifat magnet yang paling kuat daripada fase lain seperti  $Fe_2O_3$ . Selama ini, material  $Fe_3O_4$  dari karat besi belum banyak dimanfaatkan dan diolah lebih lanjut. Jika materi tersebut dibuat ukuran dalam nano-meter,  $Fe_3O_4$  memiliki sifat ferromagnetik dan memiliki peluang aplikasi yang luas. Salah satu keunggulannya adalah sifat ferromagnetik tersebut dapat menyerap gelombang elektromagnetik. High energy milling (HEM) adalah metode fisika untuk membuat nano  $Fe_3O_4$ . Salah satu aplikasi material nano  $Fe_3O_4$  adalah sebagai solar absorber pada quantum dot sensitized solar cell (QDSSC). Dalam penelitian ini telah dipelajari sintesis material nano  $Fe_3O_4$  dari karat besi sebagai solar absorber pada QDSSC. Salah satu kriteria solar absorber dapat dilihat dari sifat optisnya. Dari uji scanning electron microscopy (SEM) teramati bahwa perilaku milling dapat memperkecil ukuran material. Dengan hasil uji energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) membuktikan material yang disintesis murni hanya mengandung Fe dan O. Dari uji X-ray diffractometer (XRD) menunjukkan puncak spesifik yang terbentuk yaitu: 29,5, 35,0, 43,0, 54,0, 57,0, dan 63,0 derajat. Uji UV-Vis menunjukkan energi band gap yang diperoleh sebesar 3,3 eV.

Kata kunci: karat, solar absorber, QDSSC

## PENDAHULUAN

Di alam banyak dijumpai berbagai fenomena korosi pada besi atau logam. Fenomena ini dapat dilihat dari benda-benda yang ada di sekitar kita, misalnya korosi pada atap bangunan, korosi pada engsel, korosi pada jembatan gantung, bahkan korosi pada bodi mobil. Pada dasarnya, korosi besi atau logam tidak dapat dihindari [1].

Korosi pada besi (Fe) yang terjadi di alam dapat menghasilkan oksida besi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Selama ini, material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil perkaratan besi belum banyak dimanfaatkan dan diolah lebih lanjut. Oleh masyarakat, besi yang berkarat hanya dijual pada pengepul yang membeli barang-barang bekas dengan harga murah.

Teknologi-nano merupakan pembuatan dan penggunaan material pada ukuran yang sangat kecil (1 nano-meter sama dengan  $10^{-9}$  meter). Apabila material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dibuat dalam ukuran nano-meter, material tersebut mempunyai keistimewaan tersendiri dibanding dengan material pada ukuran makro [2]. Oleh karena itu,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berukuran nano memiliki peluang aplikasi yang luas [3].

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengubah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menjadi berukuran nano yaitu *high energy milling* (HEM). HEM adalah proses penggilingan atau penggerusan menggunakan energi tinggi. Rekayasa material nano partikel dengan teknik ini dapat menghasilkan material dengan ukuran di bawah 10 nm [4]. Salah satu aplikasi material nano  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah sebagai *solar absorber* pada *quantum dot sensitized solar cell* (QDSSC).

*Solar absorber* berbeda dengan sel surya yang mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik, akan tetapi *solar absorber* mengubah energi cahaya matahari menjadi panas. Panas tersebut dapat langsung digunakan sehingga dapat mengurangi penggunaan listrik yang digunakan untuk menghasilkan panas yang

setara. Dengan demikian, *solar absorber* dapat menjadi perangkat untuk menghemat energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang disintesis dari karat besi dapat diaplikasikan sebagai *solar absorber* untuk QDSSC.

## METODE

Dalam penelitian ini karat besi diperoleh dari bahan alam, seperti bahan bangunan, logam, potongan dan lembaran besi. Besi berkarat yang telah diperoleh dari alam sekitar, kemudian dibersihkan dengan kuas untuk menghilangkan kotoran pada permukaannya. Setelah itu, besi diampelas untuk memperoleh karat besi yang kemudian akan menghasilkan serbuk. Serbuk karat besi diekstraksi dengan menggunakan magnet permanen lemah untuk memisahkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang bersifat supermagnetik dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  serta pengotor lainnya yang terkandung dalam karat besi. Selanjutnya hasil serbuk karat besi diayak dengan mesh ukuran 200 mesh. Kemudian dilakukan proses kalsinasi (pemanasan) menggunakan *furnace* dengan suhu  $300^\circ\text{C}$ ,  $400^\circ\text{C}$  dan  $500^\circ\text{C}$ . Setelah proses selesai, serbuk hasil *furnace* dimasukkan ke dalam mesin *high energy milling* (HEM) atau biasa disebut *ball milling* untuk mengubah menjadi berukuran nano-meter.

Untuk mengetahui ukuran hasil *ball milling* dilakukan proses karakterisasi menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Tujuan dari pengujian SEM adalah untuk mengetahui struktur morfologi suatu material. Untuk mengetahui ada tidaknya pengotor dalam serbuk hasil sintesis menggunakan *energy dispersive X-ray spectroscopy* (EDX). Untuk mengetahui bahwa material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah terbentuk dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray diffractometer* (XRD). Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui celah pita energi material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

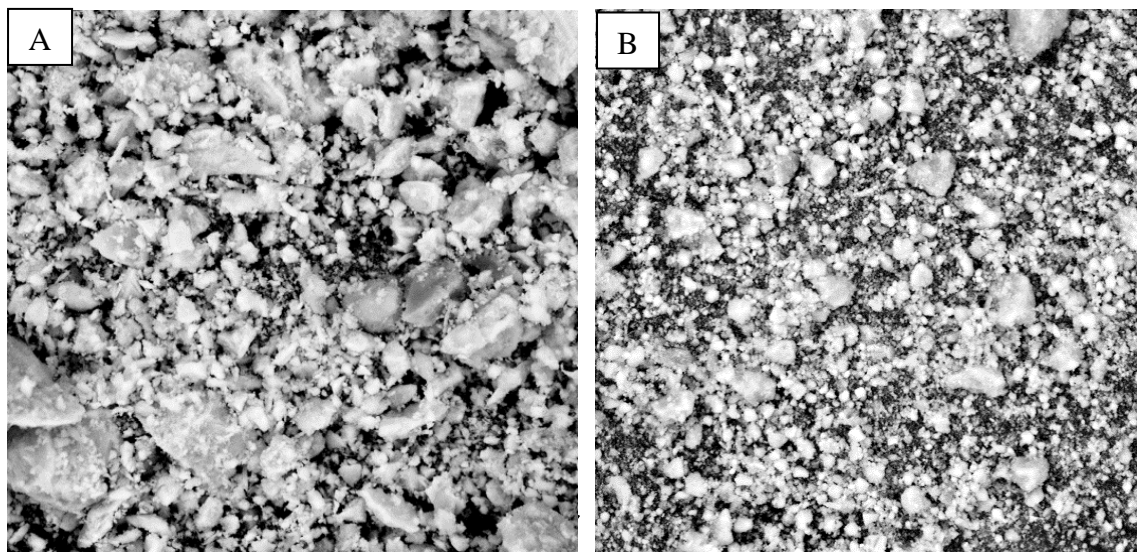
### Hasil pengujian menggunakan SEM

Hasil pengujian sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  tanpa dan dengan *milling* ditunjukkan oleh Gambar 1. Gambar 1(a) dapat diamati bahwa hasil sintesis ukuran partikel masih besar dan ukuran tidak seragam. Pada Gambar 1(b) tampak bahwa material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis dengan perlakuan *milling*, ukurannya relatif lebih kecil dan persebarannya merata. Namun demikian, beberapa material yang menggumpal menunjukkan terjadinya aglomerasi. Aglomerasi merupakan penggumpalan dari material nano yang disebabkan adanya gaya *van der Waals*. Namun tidak semua material terjadi aglomerasi. Beberapa material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang tidak beraglomerasi memiliki ukuran  $\pm 99.5$  nm yang diperoleh dari pengukuran langsung menggunakan SEM.

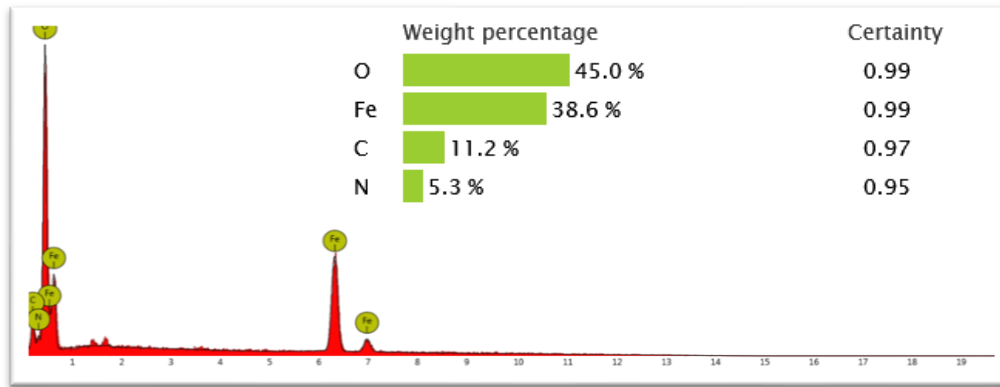
### Hasil pengujian menggunakan EDS

Tujuan uji EDS adalah untuk mengetahui komposisi kimia dari suatu material. Hasil uji EDS bahan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  tanpa *furnace* ditunjukkan oleh Gambar 2. Tampak bahwa material yang disintesis tanpa perlakuan *furnace* masih mengandung pengotor organik seperti C sebesar 11,2% dan N sebesar 5,3%. Sehingga diperlukan perlakuan untuk menghilangkan material pengotor lainnya.

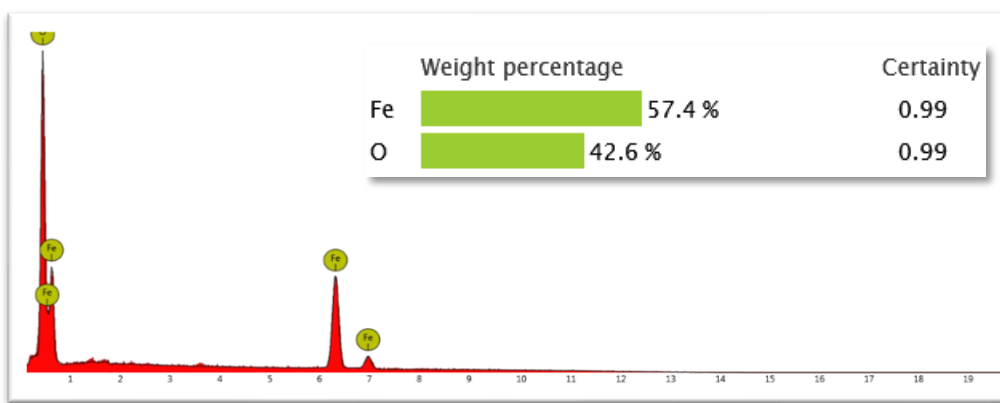
Hasil uji EDS material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan *furnace* ditunjukkan oleh Gambar 3. Berdasarkan hasil uji dapat dilihat bahwa pada material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis terdapat dua unsur kimia yaitu oksigen dan besi. Berat oksigen sebesar 57,4% dan berat besi sebesar 42,6%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa material murni hanya mengandung Fe dan O, tanpa ada pengotor organik lainnya.



Gambar 1. Hasil pengujian menggunakan SEM. (a) Tanpa *milling*, dan (b) Dengan *milling*.



Gambar 2. Hasil uji EDS material  $Fe_3O_4$  tanpa *furnace*.

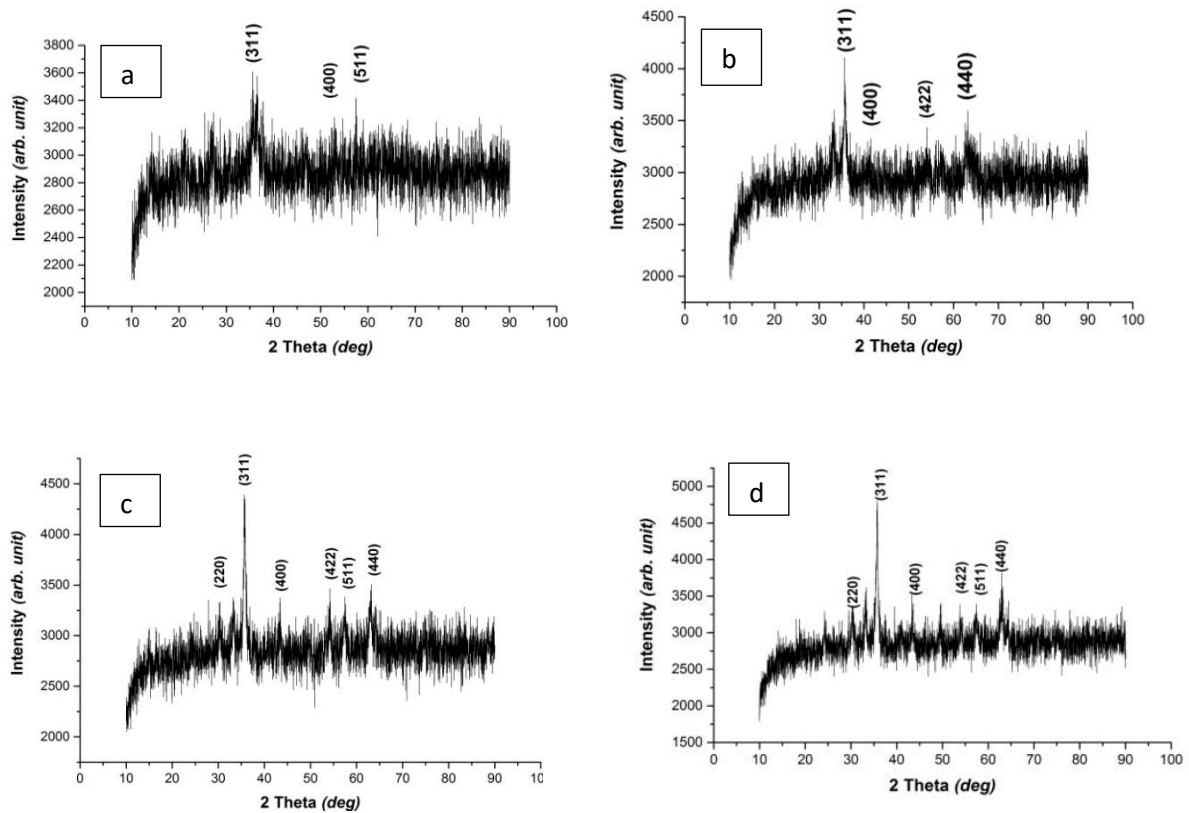


Gambar 3. Hasil uji EDS material  $Fe_3O_4$  yang telah di-*furnace* pada suhu 300 °C.

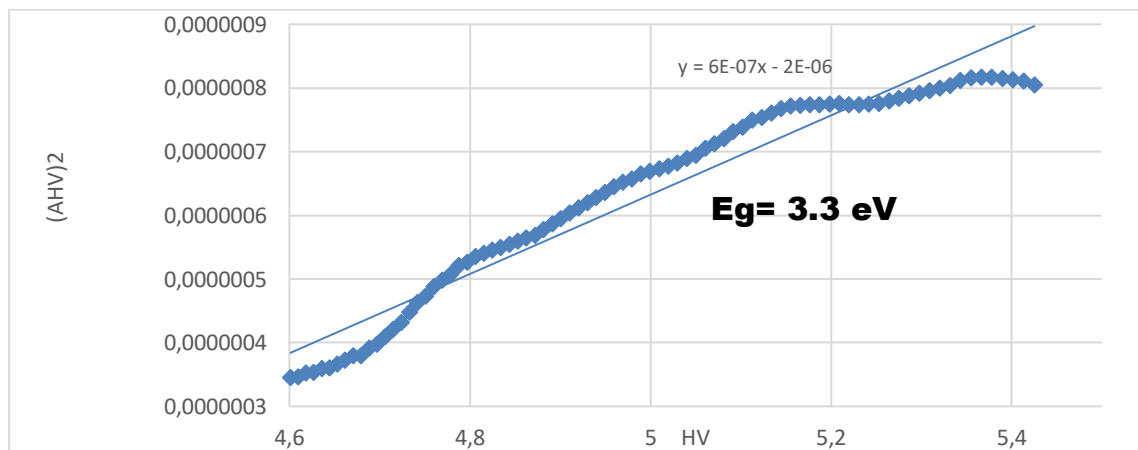
### Hasil pengujian dengan XRD

Hasil uji XRD pada material  $FeO_3$  tanpa kalsinasi dan dengan kalsinasi menggunakan suhu 300, 400, dan 500 °C ditunjukkan oleh Gambar 4. Berdasarkan analisis XRD menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi, sifat kristalinitas material  $Fe_3O_4$  semakin baik, yaitu ditunjukkan dengan semakin meningkatnya intensitas.

Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa material yang disintesis adalah  $Fe_3O_4$  (magnetik). Hal ini dapat diketahui dari puncak yang terbentuk merupakan puncak spesifik dari  $Fe_3O_4$ . Sudut spesifik yang terbentuk yaitu pada sudut 29,5, 35,0, 43,0, 54,0, 57,0, dan 63,0 derajat. Berdasarkan dari hasil XRD tersebut dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan pada penelitian ini berhasil mensintesis  $Fe_3O_4$ .



Gambar 4 Hasil Uji XRD. (a) Tanpa kalsinasi, (b) Kalsinasi suhu 300 °C, (c) Kalsinasi suhu 400 °C, dan (d) Kalsinasi suhu 500 °C.



Gambar 5 Hasil uji UV –Vis sampel kalsinasi 500°C.

**Hasil pengujian menggunakan UV-Vis**

Hasil uji UV-Vis pada material  $Fe_3O_4$  ditunjukkan pada Gambar 5. Dari hasil tersebut didapatkan nilai energi *band gap* sebesar 3,3 eV yang menunjukkan bahwa

material  $Fe_3O_4$  tergolong dalam material semi-konduktor. Nilai *band gap*  $Fe_3O_4$  yang dihasilkan bersesuaian dengan *band gap*  $TiO_2$ , sehingga dapat diterapkan dalam QDSSC.

**KESIMPULAN**

Material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah berhasil disintesis. Dari hasil EDS diperoleh bahwa material yang disintesis dengan perlakuan kalsinasi di atas suhu  $300\text{ }^\circ\text{C}$  sudah tidak ada pengotor lain, murni mengandung Fe dan O. Hasil ini diperkuat dengan hasil XRD yang menunjukkan puncak-puncak spesifik yang terbentuk adalah puncak spesifik material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Dengan kristalinitas paling baik pada perlakuan kalsinasi suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$ , intensitasnya meningkat dan terbentuk puncak spesifik pada sudut  $29,5, 35,0, 43,0, 54,0, 57,0,$  dan  $63,0$  derajat. Hasil uji UU-Vis pada material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menunjukkan perlu adanya perlakuan tambahan agar diperoleh energi *band gap* yang diinginkan sehingga dapat diaplikasikan pada QDSSC.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Trethewey KR, Chamberlin J. *Korosi*. Jakarta: PT Gramedia; 1991.
- [2] Ozkaya T, Toprak MS, Baykal A, Kavas H, Koseoglu Y, Aktas B. Synthesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles at  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  and its magnetic characterization. *Journal of Alloy and Compound*. 2008;472:18-23.
- [3] Laksmi R. *Komposit epoxy-  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai bahan penyerap gelombang radar pada frekuensi 8-12 Ghz*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Fisika FMIPA ITS; 2012.
- [4] Ihsan Y. *Rancang bangun dan karakterisasi ball milling untuk proses penghalusan serbuk bahan magnetic*. Semarang: Tugas Akhir Universitas Negeri Semarang; 2006.