

## Pengaruh variasi konsentrasi terhadap sifat listrik lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

Hendra Anwar<sup>1\*</sup>, Jepri Limbong<sup>2</sup>, Hary Sanjaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat

<sup>2</sup> Universitas Negeri Padang

<sup>3</sup> Universitas Negeri Padang

\*Correspondent email: [hendraanwar111@gmail.com](mailto:hendraanwar111@gmail.com)

Diterima: 16 Januari 2022 | Disetujui: 27 April 2022 | Diterbitkan: 30 April 2022

**Abstract.** A thin layer is a very thin layer of material (organic, inorganic metal or a mixture of organic metals) which has the properties of a conductor, a semiconductor, a superconductor or an insulator.  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles are very popular materials to be developed in the field of electricity and magnetism because they have cubic magnetocrystalline properties and high coercivity properties, as well as medium saturation magnetization. Sol-gel is one of the techniques in the manufacture of thin films that involves chemical processes in the form of hydrolysis and condensation reactions. Sol-gel dip coating is a technique for making a thin layer that has several advantages, namely a simple method, easy, few precursors so that it saves production costs and does not damage the environment. XRD test results of a 0.20 M  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  thin layer found a peak in the  $2\theta$  18.1152 region with a diffraction pattern (111). The highest UV-Vis absorbance peak at a wavelength of 285 nm was 2.5423 A and the lowest bandgap value was 2.79 eV. The resistance value is 6.46 and the resistivity value is 0.00016225 m.

**Keywords:**  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ; lapisan tipis; dip-coating.

### PENDAHULUAN

Penelitian berbasis teknologi nano (*nanotechnology*) kini berkembang pesat dan terus dilakukan oleh para peneliti baik dari dunia akademik maupun industri. Prinsip teknologi nano adalah merekayasa sifat-sifat dan performansi material sedemikian rupa hingga menjadi lebih efektif, efisien, dan berdaya guna lebih. Nanopartikel memiliki ukuran partikel yang sangat kecil yaitu 1-100 nm sehingga nanopartikel memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi yang unik, yang jauh berbeda dibandingkan dengan material ukuran besarnya. Nanopartikel dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti bidang kesehatan, lingkungan, pertanian, pangan, tekstil, industri kosmetik, elektronika, dan energi. Kegunaan tersebut antara lain sebagai antibakteri, detektor, katalis dan zat pelapis pada permukaan (Ristian, 2013).

Aplikasi nanopartikel ini mengacu pada sifat-sifat material nanopartikel yang sangat berbeda dengan *bulk* partikelnya. Sifat ini meliputi sifat mekanik, magnetik, elektrik, maupun sifat optiknya. Dalam bidang kelistrikan dan kemagnetan nanopartikel *cobalt ferrite* adalah material yang sedang populer dikembangkan karena mempunyai sifat *anisotropy magnetocrystalin cubic* dan sifat koersivitas yang tinggi serta magnetisasi saturasi yang sedang (Zhao et al, 2007).

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena fenomena berikut ini. Pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel (Zi, et al, 2009). Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partike sejenis dalam keadaan *bulk* (Abdullah et al, 2008).

Lapisan tipis merupakan suatu lapisan yang sangat tipis dari bahan (organik, inorganik logam maupun campuran logam organik) yang mempunyai sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor maupun isolator (Tahmasebi, & Paydar, 2008). Lapisan tipis dapat digunakan untuk pembuatan piranti elektronik seperti transistor, kapasitor, diode, dan lain-lain. Lapisan tipis mempunyai sifat listrik yaitu resistivitas dan konduktivitas (Cedeño-Mattei et al, 2007).  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  adalah salah satu material magnetik yang banyak diteliti karena mempunyai kekerasan mekanik dan stabilitas kimia yang baik. Selain itu,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  akan mempunyai sifat superparamagnetik dengan mengontrol ukuran material menjadi ukuran nano (Yakob et al, 2010). Sifat superparamagnetik yaitu mempunyai magnetisasi tinggi saat diberi medan eksternal, namun magnetisasi yang dimiliki rata-rata nol tanpa medan eksternal (Saragi., et al.2015).  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  mempunyai saturasi magnetisasi dan *anisotropy magnetocrystalin cubic* yang tinggi yaitu 33.44

kWb/m<sup>2</sup> dan  $K_1 = +2 \times 10^6$  erg/cm<sup>3</sup>, serta sifat mekanik yang kuat dan stabilitas kimia yang tinggi (Bhushan, B. 2007).

Sol-gel merupakan salah satu teknik dalam pembuatan lapisan tipis yang melibatkan proses kimia berupa reaksi hidrolisis dan kondensasi. Sol adalah suspensi koloid dari partikel padat di dalam cairan, sedangkan koloid merupakan suspensi yang fase terdispersinya cukup kecil (~1-1000 nm) (Tebriani, 2019). Gaya gravitasi dari koloid dapat diabaikan dan interaksi atom di dominasi oleh gaya antar atom terdekat seperti gaya Van Der Waals atau gaya antar muatan permukaan. *Gelation* adalah proses penumbuhan melalui kondensasi polimer atau pengelompokkan partikel (Avasthi & Pivin, 2010).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat berupa Gelas piala, kaca arloji, pipet tetes, gelas ukur, spatula, pinset, cawan porselen, neraca analitik, *ultrasonic cleaner*, oven, furnace, *dip coating*, Power Suply dan multimeter. dan bahan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , *etanol*, substrat kaca, *aseton*, *DEA*.

### Prosedur Kerja

Prosedur penelitian yang dilakukan merujuk pada prosedur penelitian yang dimodifikasi dari penelitian (Saragi *et al*, 2015).

### Persiapan Substrat Kaca

Plat kaca yang akan dilapisi dengan material diatas dibersihkan dahulu dengan menggunakan metanol agar pengotor organik yang terdapat pada permukaan plat kaca bisa lepas sehingga tidak mengganggu lapisan yang akan terbentuk. Setelah dibilas dengan metanol plat kaca dipanaskan dengan suhu 75°C selama 1 jam. Lalu didinginkan dan siap untuk dilapisi.

### Pembuatan Prekursor $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

Nanopartikel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dibuat dengan mencampur  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  yang dilarutkan dalam 10 ml etil alkohol dan ditambahkan DEA. Adapun variasi konsentrasi  $\text{Co}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  yaitu 0,05 M; 0,1 M; 0,15 M; 0,20 M; dan 0,25 M (seperti pada tabel 1).

**Tabel 1.** Prekursor  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

Konsentrasi Sample (M)	Massa $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (gram)	Massa $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (gram)	Volume Larutan (ml)
0,05	0,43655	1,2118	30
0,10	0,8730	2,4237	30
0,15	1,3095	3,6355	30
0,20	1,7460	4,8474	30
0,25	2,1825	6,0592	30

### Proses Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

Nano Partikel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dilapiskan ke substrat kaca melalui metoda *dip coating*. Substrat kaca yang telah dipasang pada alat *dip coating* kemudian dicelupkan ke larutan  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ . Pencelupan dilakukan dengan mengatur kecepatan dan variasi waktu pada alat *dip coating*. Substrat kaca yang telah dilapisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dioven pada suhu 100°C selama 1 jam untuk menghilangkan pelarut dan selanjutnya dikalsinasi pada suhu yaitu 300°C (*pre-annealing*) selama 3 jam dan 500°C (*post-annealing*) selama 1 jam

### Pengujian Sifat Listrik

Pengujian sifat listrik dilakukan dengan menggunakan metoda 4-point probe systems untuk mengukur resistansi dan resistivitas dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ . Pengukuran dilakukan dengan tegangan sumber yaitu 3 volt.

### Karakterisasi Lapisan Tipis

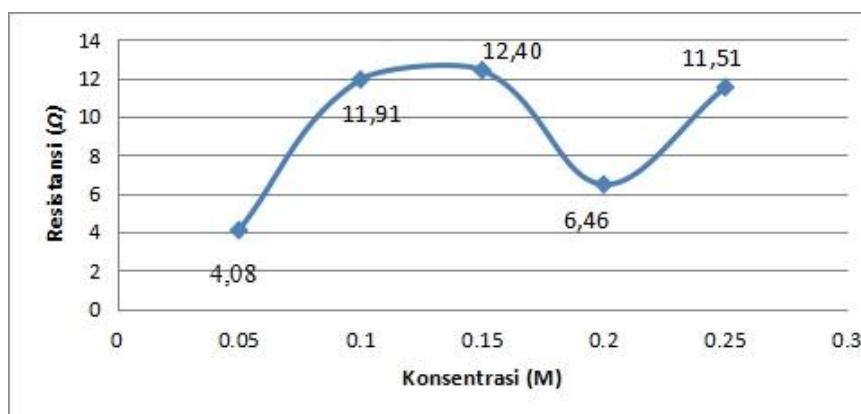
Untuk melihat sifat kristal lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  yang terbentuk diamati dengan menggunakan XRD. Sedangkan untuk melihat morfologi lapisan dan ketebalan yang dihasilkan diamati dengan SEM. Energi band gap dihitung menggunakan DR-UV. a) Menganalisa lapisan tipis menggunakan XRD: Sampel berupa lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dimasukkan ke dalam set holder. Memindai sampel pada  $2\theta$  1-100° dan diperoleh difaktogram yang akan dianalisa. b) Menghitung *band gap* lapisan tipis dengan UV-Vis Diffuse Reflektance: Sampel lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  diletakkan pada tempat sampel dan diukur dengan rentang panjang gelombang 200-800 nm. Hasil yang diperoleh berupa data reflektan yang akan digunakan untuk menentukan *band gap* dari lapisan tipis. c) Karakterisasi morfologi lapisan tipis menggunakan SEM:

Sampel yang akan dianalisa adalah lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ . Lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  diletakkan ke dalam tempat sampel. Permukaan sampel ditembakkan dengan berkas elektron berenergi tinggi. Hasil yang didapatkan berupa gambar dari permukaan yang lapisan tipis dengan perbesaran tertentu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Sifat Listrik Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dengan variasi konsentrasi

Pengukuran sifat listrik lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dengan variasi konsentrasi menggunakan metoda 4-point probe systems untuk mencari nilai resistansi dan nilai resistivitas dari sampel dengan rangkaian alat seperti pada gambar 2. Variasi konsentrasi prekursor yang digunakan yaitu 0,05 M, 0,1 M, 0,15 M, 0,2 M dan 0,25 M. Pada pengukuran ini tegangan sumber yang digunakan yaitu 3 volt sehingga diperoleh data berupa tegangan keluaran dan arus keluaran yang selanjutnya dihitung untuk mendapatkan nilai resistansi. Perhitungan nilai resistansi. Hubungan resistansi lapisan tipis dengan variasi konsentrasi didapat seperti gambar .

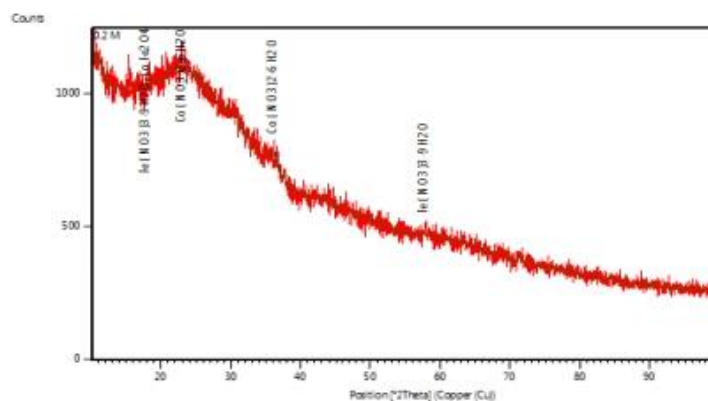


Gambar 1. Grafik hubungan antara konsentrasi dengan resistansi pada lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .

Dari data yang diperoleh dapat dilihat, dari konsentrasi 0,05 M sampai 0,15 M mengalami peningkatan resistansi, namun pada konsentrasi 0,20 M mengalami penurunan resistansi dan pada konsentrasi 0,25 M mengalami peningkatan resistansi kembali. Nilai resistansi berbanding lurus dengan tegangan, sehingga jika nilai resistansi besar maka tegangannya akan besar dan resistansi berbanding terbalik dengan arus sehingga jika nilai resistansinya besar maka arus yang mengalir akan semakin kecil. Jika resistansi semakin besar maka resistivitas juga akan semakin besar, karena resistansi dan resistivitas berbanding lurus. Nilai resistivitas juga di pengaruhi oleh ketebalan lapisan. Konsentserasi dapat mempengaruhi ketebalan, semakin besar konsentserasi maka ketebalan lapisan juga akan semakin besar sehingga nilai resistansi yang diperoleh akan semakin besar.

### Karakterisasi Lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

#### X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 2. Grafik XRD lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  0.20 M.

X-Ray Diffraction digunakan untuk melihat struktur kristalit dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ . Gambar menunjukkan hasil uji XRD dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  0.20 M terdapat puncak yang menunjukkan

karakteristik dari  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  yang ditunjukkan pada daerah  $2\theta$  18.1152 dengan pola difraksi (111). Selain itu, ada puncak-puncak yang berasal dari prekursor yaitu pada daerah  $2\theta$  15.6110, 23.0884, 36.2432, dan 57.9749. Secara keseluruhan hasil XRD dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Data hasil Uji XRD

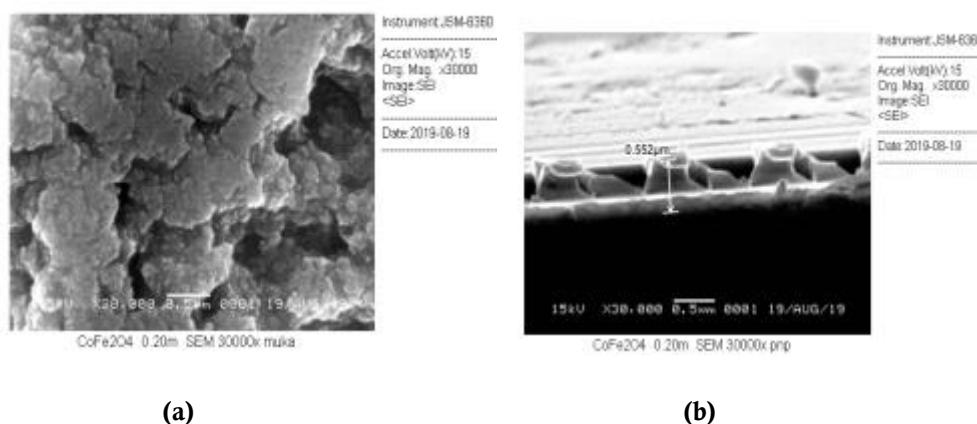
No	Sample	$2\theta$	FWHM	Rel.Int. [%]	Ukuran Kristal	<i>hkl</i>	Struktur Kristal
1	CFO 0,05	18,0668	0,0900	6,07	93,39	(111)	Cubic
2	CFO 0,1	36,0866	0,0900	38,78	97,02	(311)	Cubic
3	CFO 0,15	79,9008	0,7488	33,90	14,46	(444)	Cubic
4	CFO 0,2	18,1152	0,0900	42,39	93,39	(111)	Cubic
5	CFO 0,25	57,4568	0,0900	68,21	100,67	(511)	Cubic

### UV-DR

Spektrofotometri UV-Vis *Diffusi Reflektance* merupakan metoda yang digunakan untuk mengetahui besarnya energi gap dari hasil sintesis. Nilai energi gap pada lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dapat ditentukan dengan mengolah data reflektan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrometer UV-Vis. Untuk pengukuran ini sampel yang digunakan adalah sampel optimum yaitu konsentrasi 0,20 M. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 200 nm-800 nm dan diperoleh puncak absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 285 nm sebesar 2,5423 A dengan besar energi gap yaitu Nilai bandgap terendah yaitu 2,79 eV

### SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Karakterisasi lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  menggunakan SEM bertujuan untuk melihat morfologi permukaan dan ketebalan dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$



**Gambar 3.** Foto SEM dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ . (a) Morfologi permukaan 30.000 kali pembesaran, (b) Ketebalan lapisan (tampak samping) 30.000 kali pembesaran

Gambar memperlihatkan foto SEM dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  0,20 M. Morfologi permukaan dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dapat dilihat pada gambar 6a. Dari gambar ini dapat diamati permukaan lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  yang cukup homogen, namun masih ada bagian yang kurang merata karena pada penelitian ini hanya dilakukan satu kali pelapisan. Sedangkan ketebalan dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dapat dilihat pada gambar 6b. Ketebalan dari lapisan tipis yang didapatkan yaitu 0,552  $\mu\text{m}$ . Ketebalan lapisan digunakan untuk menentukan nilai resistivitas dari lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dengan konsentrasi 0,20 M, nilai resistivitas yang diperoleh yaitu 0,00001622  $\Omega\text{m}$ .

## SIMPULAN

Lapisan tipis  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dengan metoda sol-gel *dip-coating* memiliki nilai resistansi cukup rendah sehingga dapat digunakan untuk bahan pembuatan sel surya. Sampel optimum yaitu konsentrasi 0,20 M. Pengukuran UV-Vis dilakukan pada panjang gelombang 200 nm-800 nm dan diperoleh puncak absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 285 nm sebesar 2,5423 A dengan besar energi gap yaitu Nilai bandgap terendah yaitu 2,79 eV.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgius, Yudistira, Nirmin dan Khairurrijal. 2008. Sintesis Nanomateria. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol. I : 33 – 57.
- Avasthi D.K., and Pivin J. C. 2010. *Ion Beam Synthesis of Nanostructures*, Current Science, 98, p. 780 – 790.
- Cedeño-Mattei, Y, O. Perales-Pérez, M. S. Tomar and F. Román. 2007. *Optimization of Magnetic Properties in Cobalt Ferrite Nanocrysta.*, ENS.
- Ristian, I. (2013). *Kajian pengaruh konsentrasi perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>) terhadap ukuran nanopartikel perak*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. 86 p.
- Saragi, Togar., Syakir, N., Nainggolan, T.H., dan Albion, C. 2015. Studi Awal Preparasi Lapisan Tipis Bahan Magnet CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan Metode Sol Gel dan Karakterisasinya. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol. 05, no. 01, pp 50-56.
- Tahmasebi, K., and Paydar, M. H. 2008. The Effect of Starch Addition on Solution Combustion Synthesis of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> Nanocomposite Powder Using Urea as Fuel. *Materials Chemistry and Physics*. 09(2008): 157.
- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal*. 5(1): 724-725.
- Yakob, M., Umar, H., Wahyuningsih, P., and Putra, R, A. 2019. Characterization of Microstructural and Optical CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> Ferrite Nanocomposite for Photodegradation of Methylene Blue. *AIMS Materials Science* . 6(1): 47-48.
- Zhao, L., Yang, H., 007. *Study of Preparation and Magnetic Properties of Silica-Coated Cobalt Ferrite Nanocomposites*. Springer. Vol 42. Pp 4110-41
- Zi, Z., Sun, Y., Zhu, X., Yang, Z., Dai, J., and Song, W. 2009. Synthesis and Magnetic Properties of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Ferrite Nanoparticles. *Journal of Magnetic Materials*. 321(2009): 1251.