

Analisa Pengaruh Tegangan Terhadap Hasil Elektrodeposisi Pada Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus Continue Direct Current

Sylvina Tebriani

Jurusan Tadris Fisika, Fakultas
Tarbiyah dan Keguruan UIN Imam
Bonjol Padang

Abstrak- Telah berhasil dilakukan sintesis lapisan tipis magnetite (Fe_3O_4) pada substrat Indium Tin Oxide (ITO) dengan metode Elektrodeposisi (ED), menggunakan arus Continue Direct Current (CDC), dengan variasi tegangan eksternal. Variasi tegangan eksternal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum penumbuhan lapisan tipis yang akan dilakukan. Tegangan eksternal yang diterapkan mula-mula dengan range yang lebih besar yaitu 10 volt, 5 volt, dan 3 volt. Berdasarkan pencitraan dengan mikroskop tegangan 3 Volt dipilih sebagai kondisi mula-mula untuk variasi berikutnya yaitu variasi dengan range tegangan yang lebih kecil (3,5 volt, 3 volt, dan 2,5 volt) dan dari ketiga variasi tersebut tegangan 3,5 volt dipilih sebagai tegangan optimum untuk proses sintesis lapisan tipis magnetite (Fe_3O_4). Hasil pencitraan dengan mikroskop optik menunjukkan bahwa tegangan ikut mempengaruhi ketebalan hasil deposisi. Dengan kata lain dapat disimpulkan nilai tegangan eksternal yang diaplikasikan sangat mempengaruhi hasil deposisi dengan korelasi bahwa semakin besar tegangannya, makin tebal hasil deposisi dan sebaliknya semakin kecil tegangan semakin tipis hasil deposisi di atas substrat.

Kata Kunci: Magnetite, Elektrodeposisi, Continue Direct Current (CDC), tegangan eksternal

PENDAHULUAN

Lapisan tipis merupakan suatu lapisan material yang memiliki ketebalan dalam orde beberapa nanometer yang dibentuk oleh susunan dan penggabungan sifat-sifat atom. Jika dilihat, rasio antara ketebalan lapisan tipis terhadap substratnya dibandingkan dengan substratnya sangat kecil. Sifat umum lapisan tipis dari suatu bahan berbeda dengan bahan padatan, hal ini disebabkan oleh perbedaan proses preparasinya, komposisi, morfologi dan strukturnya. Berbagai bahan yang memiliki potensi sebagai semikonduktor telah banyak diteliti, mulai dari bahan yang memiliki sifat fotokatalis, *magnetic storage* dan dielektrik. Lapisan tipis ferromagnetik oksida dapat digunakan sebagai bahan memori penyimpanan data yang terdiri atas bagian multilayer magnetik untuk menyimpan informasi [7]. Lapisan tipis merupakan bahan tipis dalam jangkauan beberapa nanometer atau nanolayer yang dibentuk oleh susunan dan penggabungan sifat-sifat atom. Lapisan tipis dibuat dengan

teknik penumbuhan atom atau partikel pada permukaan substrat dengan ketebalan sampai orde mikrometer. Media tumbuh (substrat) yang banyak digunakan adalah SnO_2 , TiO_2 , ZnO , ITO, In_2O_3 , WO_3 , dan lain-lain.

Sifat-sifat lapisan tipis yang ditumbuhkan dapat dimodifikasi sesuai dengan tujuan penerapannya. Kemampuan suatu bahan untuk diaplikasikan tidak terlepas dari inovasi terhadap unsur penyusun utama lapisan tipis, salah satu contohnya adalah mineral magnetik. Istilah mineral magnetik biasanya digunakan untuk mineral-mineral yang tergolong ferromagnetik. Mineral magnetik biasanya berasal dari keluarga besi titanium oksida, sulfida besi dan hidroksi besi. Secara umum mineral magnetik dapat dikelompokkan menjadi *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* ($\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3$), dan *maghemite* ($\gamma \text{Fe}_2\text{O}_3$). Ketiga bentuk oksida besi ini sangat berguna dalam teknologi.

Magnetite merupakan mineral magnetik yang terkuat dengan komposisi kimia Fe_3O_4 , dan magnetisasi $90 \text{ Am}^2/\text{kg}$

sampai dengan $93 \text{ Am}^2/\text{kg}$ [2]. *Magnetite* dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek seperti perekat tinta magnetik, media perekam magnetik dan katalis. Pemanfaatan *magnetite* semakin meluas dengan dikembangkannya *magnetite* dalam dimensi nanometer [3] [4] [6]. Daya tarik material *magnetite* terletak pada sifat-sifat uniknya yaitu sifat kemagnetannya yang berbeda dengan material ukuran *bulk*, serta luas reaktivitas permukaannya yang besar. *Magnetite* dalam dimensi nano bersifat superparamagnetik dan dapat dimanipulasi oleh suatu medan eksternal tertentu [5]. Respon yang kuat terhadap medan magnet luar menjadikan *magnetite* sangat berguna untuk kepentingan riset dan dalam dunia industri yang berbasis kemagnetan, misalnya dalam hal rekayasa elektronika, pembuatan magnet permanen, industri baja, sampai untuk pembuatan *thin film* [8]. *Magnetite* sebagai bahan ferromagnetik oksida dapat digunakan sebagai bahan memori penyimpanan data sebagai bagian multilayer magnetik untuk menyimpan informasi [7], untuk itu maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang sifat fisis bahan *magnetite* yang dibuat dalam bentuk lapisan tipis. Terdapat sejumlah teknik deposisi untuk penumbuhan film tipis *magnetite*, beberapa diantaranya antara lain *Chemical Vapor Deposition (CVD)*, *Physical Vapor Deposition (PVD)*, elektrodeposisi, *spraying*, dan *spin coating*. Setiap metoda ini memiliki hasil pelapisan yang berbeda tergantung pada proses penumbuhannya.

Metode yang digunakan untuk membuat lapisan tipis *magnetite* pada penelitian ini adalah metode elektrodeposisi. Metode ini dipilih karena lebih mudah dilakukan, langkah kerjanya lebih sederhana paling sederhana dan dengan biaya yang lebih ekonomis. Proses elektrodeposisi dapat dilakukan dengan menerapkan arus searah (CDC) dan arus pulsa (PDC).

Pada penelitian ini elektrodeposisi ini dilakukan dalam sel yang terdiri dari larutan yang mengandung

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ yang diencerkan dengan alkohol 97%. Proses dilakukan dengan menggunakan arus searah (CDC) dengan variasi penambahan surfaktan. Surfaktan yang digunakan adalah *ethylen glycol*, karena bersifat adhesif dengan daya rekat tinggi terhadap substrat. serta pada katoda digunakan kaca yang dilapisi *Indium Tin Oxide (ITO)* yang bersifat konduktor.

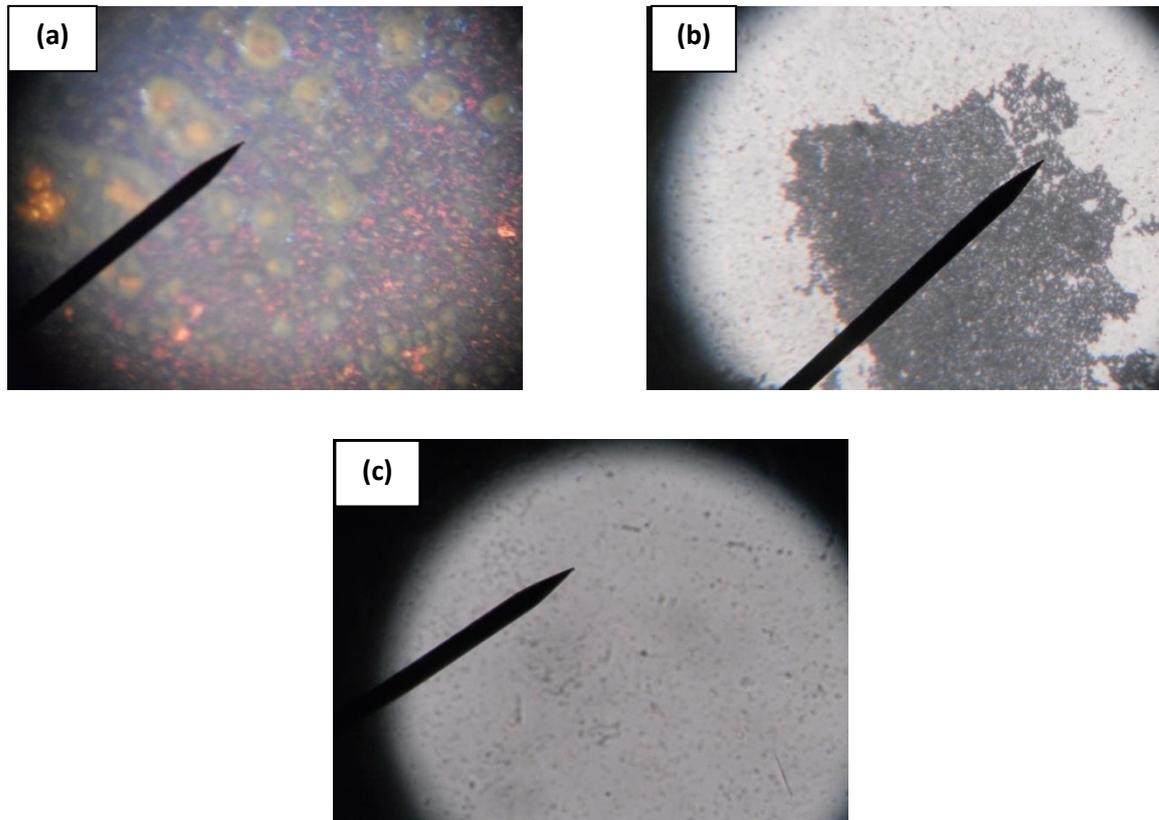
METODE

Langkah awal yaitu persiapan substrat (tempat tumbuh) hasil elektrodeposisi. Kaca *Indium Tin Oxide (ITO)* dipotong dengan ukuran $2,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$. Setelah pemotongan dilakukan, sisi bekas pemotongan diperhalus dengan menggunakan amplas halus. Substrat kaca ITO dibersihkan dengan menggunakan *aquades* dan kemudian dibilas dengan alkohol untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel pada ITO.

Selanjutnya ITO ditempelkan pada katoda dan pada anoda digunakan platinum (Pt). Pada tahap awal, akan dilakukan proses elektrodeposisi dengan konsentrasi 0,1 M dengan beberapa variasi tegangan. Hal ini dilakukan agar diketahui kondisi optimum tegangan yang akan digunakan untuk proses penumbuhan lapisan tipis. Tegangan eksternal mula-mula yang diterapkan adalah 10 volt, 5 volt, dan 3 volt. Permukaan masing-masing sampel dilihat dengan menggunakan mikroskop. Dari ketiga variasi tersebut salah satu hasil deposisi dengan kontur yang merata dan halus akan dijadikan opsi awal untuk variasi tegangan selanjutnya yaitu dengan *range* yang lebih kecil. Sampel dengan permukaan yang lebih halus dan merata dapat dijadikan patokan sebagai kondisi optimum untuk penumbuhan lapisan tipis berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap I : (Penerapan Tegangan dengan Range Besar)

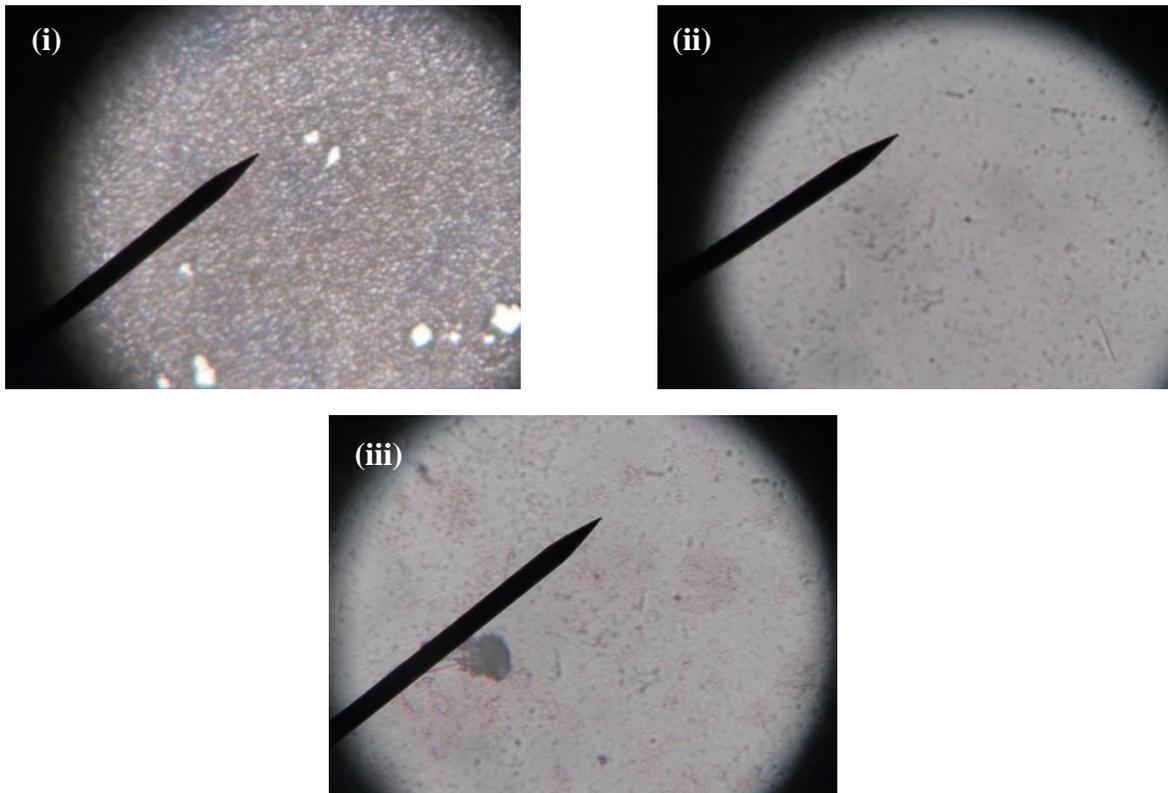


Gambar 4.1 Hasil Foto Mikroskop Optik Sampel dengan tegangan (a) 10 Volt, (b) 5 Volt, dan (c) 3 Volt dengan perbesaran 40 kali

Hasil foto dengan mikroskop optik pada Gambar 4.1 memperlihatkan bentuk permukaan sampel hasil deposisi pada tegangan 10 volt, 5 volt dan 3 volt. Pencitraan dengan mikroskop optik bertujuan untuk mencari kondisi awal tegangan yang akan digunakan untuk proses elektrodeposisi. Hasil foto dengan mikroskop optik menunjukkan bahwa dengan penerapan tegangan eksternal 10 volt hasil deposisi menghasilkan kontur yang tebal dan tidak merata, berwarna hitam kemerahan dan menunjukkan adanya

proses perkaratan. Pada tegangan 5 volt hasil deposisi pada substrat lebih tipis dari pada sampel dengan penerapan tegangan eksternal 10 volt, berwarna hitam, dengan sebaran hasil deposisi yang kurang merata. Selanjutnya untuk hasil deposisi dengan tegangan 3 Volt terlihat sangat halus dan sebaran hasil lapisannya lebih merata daripada tegangan 5 dan 10 Volt. Untuk itu, tegangan 3 Volt dipilih sebagai tegangan patokan awal untuk mencari kondisi optimum elektrodeposisi.

Tahap 2: Penentuan Tegangan Optimum dengan Range yang Lebih Kecil



Gambar 4.2 Hasil Foto Mikroskop Optik Sampel dengan Tegangan (i) 3,5 Volt dan H (ii) 3 volt dan (iii) 2,5 Volt dengan perbesaran 40 kali

Pada gambar 4.2 (i) dapat dilihat bahwa hasil deposisi pada tegangan 3,5 Volt lebih halus dengan sebaran yang lebih merata, sedangkan untuk tegangan 3 Volt dan 2,5 volt lapisan yang terbentuk lebih halus namun belum terbentuk secara merata. Untuk itu tegangan 3,5 Volt dipilih sebagai tegangan optimum untuk proses elektrodeposisi. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa tegangan ikut mempengaruhi ketebalan hasil deposisi. Semakin besar tegangannya, makin tebal hasil deposisi dan sebaliknya semakin kecil tegangan semakin tipis hasil deposisi di atas substrat. Apabila tegangan yang diberikan lebih besar, maka kuat arus dan muatan yang dialirkan juga semakin besar.

Dasar utama kinetika elektrodeposisi adalah hukum *Faraday*, yaitu jumlah total perubahan kimia (jumlah

logam yang terdeposisi) sebanding dengan jumlah besar arus yang diterapkan. Hubungan antara beda potensial dalam larutan elektrolit dengan besarnya kuat arus listrik yang mengalir menurut Hukum Ohm yaitu:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.1)$$

dengan

I = Kuat arus listrik (Ampere);

V = Beda potensial (Volt);

R = Tahanan listrik (ohm)

Besarnya muatan total yang digunakan dalam proses deposisi dapat diperoleh dari hubungan antara muatan dan kuat arus, yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \int Idt \quad (2.2)$$

dengan:

Q = Muatan listrik (Coulomb);

I = Kuat arus listrik (Ampere);

t = Waktu (detik)

Hubungan besarnya muatan yang diperlukan pada proses elektrodeposisi terhadap jumlah mol, secara matematis dapat dirumuskan :

$$Q = nNN_a Q_e \quad (2.3)$$

Keterangan :

Q = Muatan, satuan coulomb (C)

n = Mol

N = Jumlah elektron

N_a = Bilangan Avogadro

Q_e = Muatan elektron, satuan coulomb (C)

Jika F adalah konstanta Faraday (96.500 C), maka mol logam yang dibutuhkan dalam proses elektrodeposisi adalah :

$$n = \frac{Q}{(NF)} \quad (2.4)$$

Jadi jumlah mol yang diendapkan pada substrat dapat dihitung sebagai berikut:

$$n = \frac{1}{NF} \int Idt \quad (2.5)$$

Michael Faraday menetapkan hubungan antara kelistrikan dengan ilmu kimia pada semua reaksi elektrokimia. Menurut *Michael Faraday* (1834) lewatnya arus 1 F mengakibatkan oksidasi 1 massa ekuivalen suatu zat pada suatu elektroda (anoda) dan reduksi 1 massa ekuivalen suatu zat pada elektroda yang lain (katoda). Dua Hukum Faraday ini adalah (Sukarjo, 1985). Hubungan antara tegangan luar yang diterapkan dengan permukaan hasil deposisi secara teoritis dapat dilihat pada persamaan 2.3. Dapat dikatakan bahwa pada persamaan 2.3 terdapat korelasi yang sebanding antara muatan terhadap jumlah mol materi yang akan diendapkan, sehingga dengan muatan yang besar maka jumlah mol zat yang terdeposisi juga semakin besar dan permukaan lapisan juga akan semakin tebal. Apabila jumlah mol zat yang terdeposisi besar, maka massa zat yang terendapkan juga semakin besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa

- Tegangan eksternal optimum untuk proses elektrodeposisi pada penelitian ini adalah 3.5 volt.
- Semakin besar tegangan luar yang diterapkan saat proses elektrodeposisi, semakin tebal permukaan hasil deposisi, dan sebaliknya semakin kecil tegangan luar yang diterapkan, semakin tipis hasil permukaan hasil deposisi.
- Hasil deposisi yang dihasilkan, berkaitan dengan jumlah mol yang diendapkan saat proses sintesis berlangsung, sesuai dengan hukum Faraday

REFERENSI

- Abdullah, M, 2009, *Pengantar Nanosains*, Bandung, ITB
- Butler, R. F. 1992, *Paleomagnetism: Magnetik Domains to Geologic Teranes*. Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Chumming, J. and Xiangqin, L., 2009, *Electrochemical Synthesis of Fe₃O₄-PB Nanoparticles with Core-Shell Structure and its Electrocatalytic Reduction Toward H₂O₂*, J. Solid State Electrochem. 13: 1273-1278.
- Gaihre, B., Khil, M.S., Lee, D.R., Kim, H.Y., 2009, *Gelatin-coated Magnetic Iron Oxide Nanoparticles as Carrier System: Drug Loading and In Vitro Drug Release Study*, Inter. J. Pharm. 365: 180-189.
- Jia, X., Tan, L., Zhou, Y., Jiang, X., Xie, Q., Tang, H., Yao, S., 2009, *Magnetic Immobilization and Electrochemical Detection of Leukemia K562 Cells*, Electrochem. Commun. 11: 141-144.

Liu, T.Y., Hu, S.H., Liu, D.M., Chen, S.Y.,
Chen, I.W.,2009, *Biomedical
Nanoparticle Carriers with Combined
Thermal and Magnetic Responses*,
NanoToday 4: 52-65.

Siyambalapitiya, Chamila S., 2006,
*Growth And Physical Properties of
Magnetite Thin Films*, Graduate School
Theses and Dissertations. Paper 2705.

Yulianto, A. Bijaksana S, Loeksmanto W.
(2002), *Karakterisasi Magnetik dari
Pasir Besi Cilacap*. Jurnal Himpunan
Fisika Indonesia vol. A5 no. 0527.