

**Studi Pengaruh Pengadukan dan Tanpa Pengadukan  
Larutan Elektrolit Terhadap Struktur Kristal, Morfologi dan  
Rasio Magnetoresistansi Lapisan Tipis Paduan NiFe Hasil Elektrodeposisi**

*Study of Electrolyte Agitation and Non-Agitation Effect on Crystal Structure,  
Morphology and Magnetoresistance Ratio of NiFe Alloy Thin Film  
After Electrodeposition*

Fahru Nurosyid, Nuryani, Budi Purnama & Luthfiana Asry Ayuni  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret

**ABSTRACT**

Ni-Fe alloy thin film on Cu substrate by electro-deposition method has been made without as well as with agitation of 300 rpm for a 3 minutes deposition time and potential of 3 Volt. The characterizations consist of crystal structure test by X-Ray Diffraction method, morphology and composition test by SEM/EDX and magnetoresistance measurement with two-point probes equipment. Result of the XRD test showed that the growth of crystal structure was in the same orientation on 111, 200, 220, 311 with structure of fcc. Morphology test showed that the structural images of Ni-Fe surface thin film on agitation became flat and had less grain size. The composition test results showed that composition with agitation closely Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> (permalloy) was 87.51% for Ni and 12.49% for Fe. The magnetoresistance measurement was less with the agitation treatment i.e. without agitation was 9.1 % and with agitation was 1.9 %.

Keyword : Agitation, electrodeposition, crystal structure, morphology, magnetoresistance, Ni-Fe.

**PENDAHULUAN**

Paduan logam berbentuk lapisan tipis baik berupa komposisi elemen magnetik-nonmagnetik atau elemen magnetik-magnetik telah menarik perhatian belakangan ini terkait pada sifat magnetik dan magnetoresistifnya. Paduan logam dalam bentuk ini banyak dimanfaatkan sebagai sensor magnet yang diterapkan pada kartu kredit, *magnetic tape recording*, *magnetic random-access memory* (MRAM), dan *magnetic hard-disk recording*. Sensor magnetoresistif adalah sensor magnet yang memanfaatkan sifat magnetoresistansi lapisan tipis (Clegg 1984). Magnetoresistansi adalah penurunan resistansi listrik bahan akibat pengaruh medan magnet. Magnetoresistansi merupakan besar penurunan resistansi listrik bahan magnet akibat pengaruh medan magnet luar. Sensor magnet yang telah ada sekarang ini masih perlu ditingkatkan sensitivitasnya. Paduan logam yang dikembangkan sebagai sensor magnet adalah paduan magnetik Nikel Besi dengan komposisi 80% Ni dan 20% Fe (*permalloy*). Hal ini dikarenakan paduan ini memiliki sifat magnetorestriksi yang sangat kecil yang mana dapat meminimalkan energi untuk magnetisasi balik (Watson 1992, Bedir 2006). Alasan lainnya yang mendukung adalah

bahwa bahan tersebut mempunyai efek *magnetoresistif* yang cukup tinggi dalam bentuk lapisan tipis yaitu 2,2 % (Gopel *et al.* 1989) sehingga diharapkan diperoleh sensor medan magnet yang sensitif.

Lapisan tipis *alloy* NiFe dapat dibuat dengan beberapa teknik pelapisan yaitu; deposisi gas (*vapor deposition*), elektrodeposisi, *sputtering*, dan deposisi kimia (*chemical deposition*). Dari keempat teknik tersebut tentu memiliki keunggulan yang berbeda untuk tujuan tertentu. Dalam penelitian ini dipilih metode elektrodeposisi karena merupakan metode pelapisan yang murah dan sederhana dalam mengoperasikannya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil elektrodeposisi yaitu; temperatur, rapat arus, substrat, keasaman (pH), waktu elektrodeposisi, proses pengadukan, dan surfaktan (Tatang 2000). Pengadukan cenderung meningkatkan proporsi logam depositnya (Anton 1992). Karena lapisan tipis *alloy* ini sebagai bahan sensor magnet maka sifat fisis yang perlu diteliti adalah besar magnetoresistansinya. Sifat magnetoresistif sangat berkaitan dengan jenis elemen pembentuknya dan struktur morfologi permukaannya. Akhirnya dari penelitian ini diharapkan diketahui pengaruh pengadukan

terhadap struktur kristal, morfologi, dan komposisi lapisan tipis serta sifat magnetoresistifnya.

(EDX). Pengukuran magnetoresistansi menggunakan *probe* dua titik.

## METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set alat elektrodeposisi, gelas beker, pH-meter, *Stopwatch*, sistem pembangkit medan, sistem pengukur resistansi, Gaussmeter, *X-Ray Diffractometer* dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Sedang bahan larutan elektrolit yang digunakan terdiri dari serbuk  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,5 M sebanyak 32,75 gr, serbuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,02 M sebanyak 1,36 gr, serbuk  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,4 M sebanyak 6,19 gr, serbuk  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,4 M sebanyak 6,19 gr, dan 99% Sakarin sebanyak 0,5 gr. Semua bahan tersebut dilarutkan kedalam 250 ml aquadest (Gao *et al.* 1997).

Substrat Cu (berbentuk PCB) dengan dimensi  $1 \times 3$  cm dibersihkan menggunakan kertas abrasif, dan dicuci dengan *ultrasonic cleaner* selama 30 menit. Pada proses elektrodeposisi substrat Cu yang akan dilapisi di tempatkan pada kutub negatif (katoda) sedangkan kutub positif (anoda) digunakan logam platina (Pt). Kedua elektroda dicelupkan kedalam larutan yang telah dibuat dan dihubungkan dengan *power supply* dengan potensial listrik sebesar 3 volt. Selama proses pengaliran arus listrik, larutan elektrolit diberikan perlakuan pengadukan selama 3 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dan tanpa pengadukan.

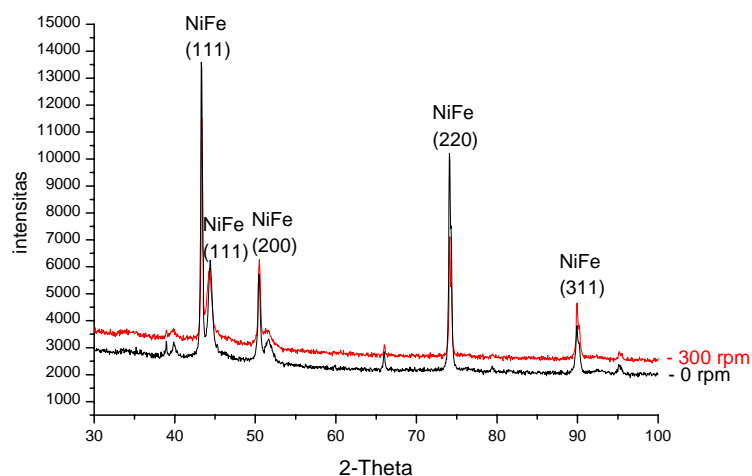
Uji struktur kristal lapisan tipis digunakan dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Untuk mengetahui struktur morfologi permukaan lapisan tipis digunakan *scanning electron microscope (SEM)* dan untuk mengetahui komposisi dari lapisan tipis digunakan *Energy Dispersive X-ray*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari spektrum yang hasil XRD dapat diketahui intensitas puncak difraksinya serta jarak antar bidanganya ( $d$ ). Perbandingan mengenai sudut difraksi ( $2\theta$ ), intensitas puncak ( $I$ ), bidang  $hkl$ , jarak antar bidang ( $d$ ) dan parameter kisi ( $a$ ) pada kecepatan pengadukan 300 rpm dan tanpa pengadukan ditabulasikan pada tabel 1. Untuk menentukan bidang  $hkl$  dari masing-masing sudut puncak difraksi digunakan data standar *JCPDS (Joint on Committee Powder Diffraction Standart)* yaitu dengan membandingkan nilai jarak antar bidang,  $d$  dari hasil XRD dengan data *JCPDS* yang ada, kemudian harga  $hkl$  dapat ditentukan. Bidang  $hkl$  yang diperoleh yaitu 111, 200, 220, 311 dengan struktur kristal *fcc* (kubik pemusatan sisi).

Hubungan antara sudut difraksi dengan intensitas puncak ditunjukkan pada Gambar 1. Dari grafik hubungan tersebut diketahui bahwa intensitas puncak tertinggi pada saat sudut difraksi berada pada skala  $43^\circ$ , kemudian menurun pada skala  $74^\circ$  diikuti  $50^\circ$ ,  $44^\circ$ , dan  $89^\circ$ . Pada intensitas puncak tertinggi diperkirakan sampel memiliki momen magnetik terbesar yaitu pada saat sampel tidak mengalami pengadukan pada saat berada pada sudut difraksi sebesar  $44,5305^\circ$ .

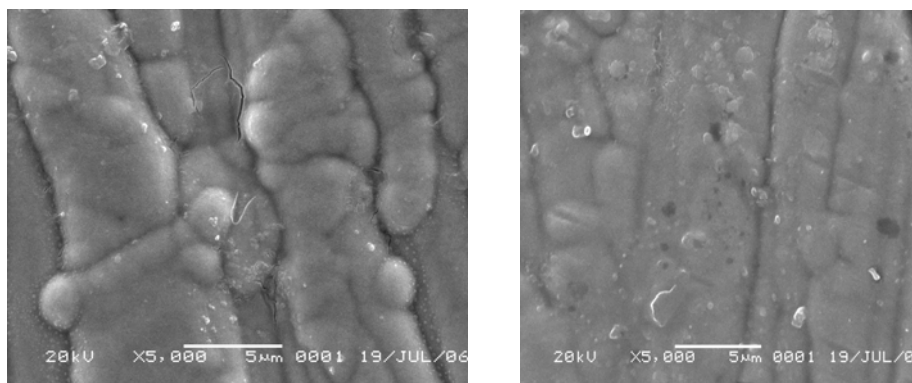
Grafik Xrd Dengan Pengadukan dan Tanpa Pengadukan



Gambar 1. Grafik hasil XRD yang menunjukkan struktur lapisan NiFe.

Tabel 1. Tabel Perbandingan sudut difraksi, intensitas puncak, bidang dan jarak antar bidang dan parameter kisi dengan pengadukan dan tanpa pengadukan pada lapisan tipis NiFe.

Kecepatan pengadukan	$2\theta$ (°)	Cacah (I/s)	$d_{hkl}$ (Å)	hkl	a (Å)
0 Rpm	43,5305	7864	2,04150	111	3,61224
	44,3714	2360	2,01714	111	3,53318
	50,4295	2276	1,80816	200	3,61623
	74,1136	6806	1,27828	220	3,61543
	89,9173	1473	1,09016	311	3,61554
300 Rpm	43,3410	5768	2,08602	111	3,61299
	44,2394	1725	2,04572	111	3,54319
	50,4615	2406	1,80709	200	3,61409
	74,1384	3680	1,27791	220	3,61439
	89,9470	1762	1,08987	311	3,61461



(a)

(b)

Gambar 2. Struktur permukaan NiFe: a) pada tanpa pengadukan dan b) dengan pengadukan 300 rpm.

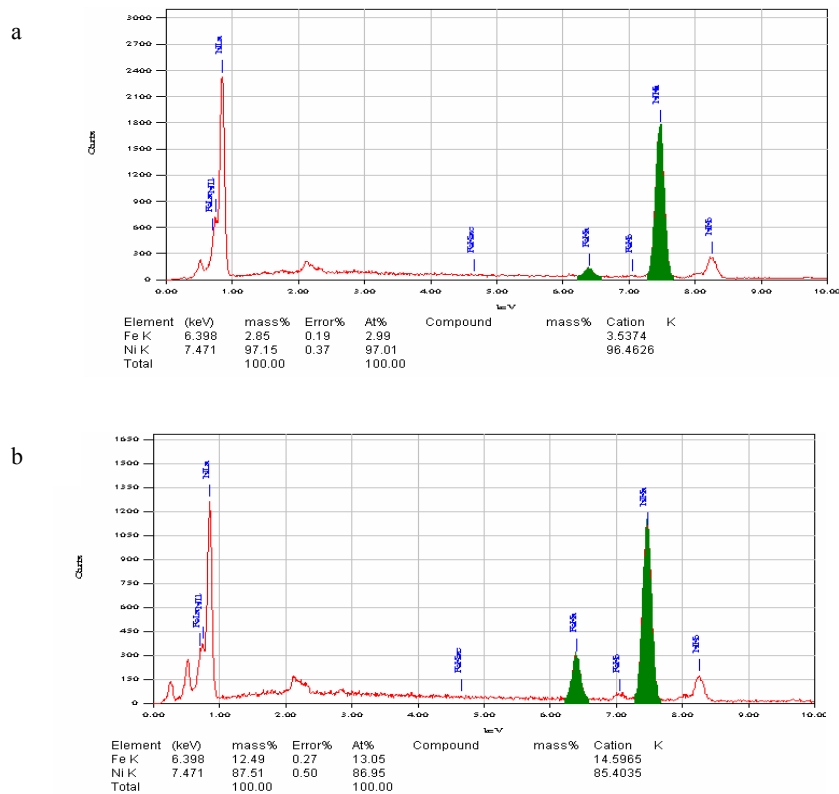
**Morfologi lapisan NiFe**

Pengujian struktur permukaan ini diperlukan untuk memahami pengaruh adanya perlakuan pengadukan terhadap bentuk domain magnetik lapisan tipis NiFe, dimana keteraturan domain akan mengurangi terjadinya deformasi permukaan hasil deposisi (Heather 2000).

Gambar 2 menunjukkan struktur permukaan sampel lapisan tipis NiFe yang diuji dengan menggunakan SEM dengan beda potensial sebesar 20 kV dan perbesaran sebesar 5000x. Pada deposisi tanpa perlakuan pengadukan (Gambar 2a) terlihat ukuran partikel yang besar dan kasar dari pada deposisi dengan perlakuan pengadukan (Gambar 2b) yang tampak lebih halus permukaannya. Pada pengadukan permukaan lapisan terlihat halus dan ukuran partikel yang semakin berkurang dan cenderung rata dan tipis.

**Komposisi lapisan NiFe**

Dari hasil uji EDX komposisi NiFe yang terbentuk tanpa pengadukan adalah 97, 15% Ni dan 2,85% Fe, sedangkan komposisi sampel dengan pengadukan didapatkan 87,51% Ni dan 12,49% Fe seperti tersaji pada grafik dalam Gambar 3. Elemen Ni mempunyai komposisi yang lebih besar dari pada Fe. Hal ini terkait dengan besarnya komposisi molar yang digunakan pada larutan dan potensial reduksi yang dimiliki Ni lebih elektronegatif sehingga Ni lebih mudah terdeposisi dari pada Fe. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan potensial reduksi standar kedua elemen, dimana potensial elektroda elemen Fe lebih positif dari pada elemen Ni. Reaksi dengan potensial elektroda yang lebih positif akan menyebabkan lebih mudahnya ion tereduksi sehingga Ni akan lebih mudah terdeposisi, hasilnya komposisi Ni lebih besar dari pada komposisi Fe yang terbentuk.



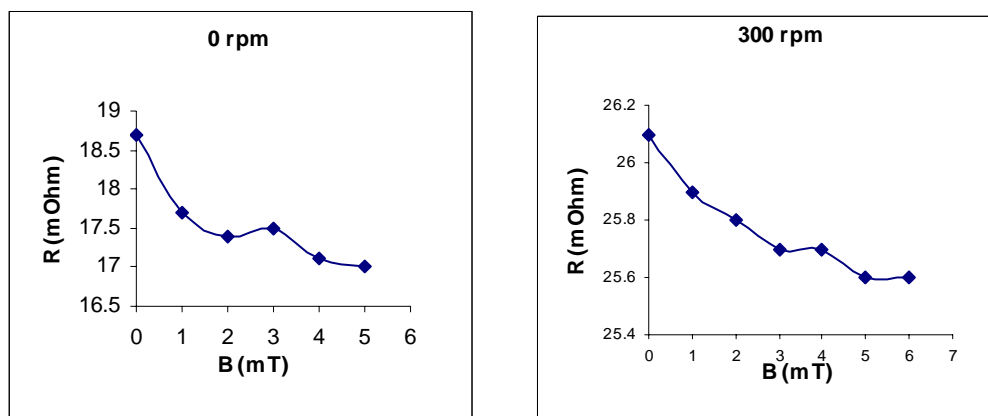
Gambar 3. Hasil uji komposisi dengan EDX lapisan NiFe hasil elektroplating: a) tanpa pengadukan (b) pengadukan 300 rpm.

Selain itu kecepatan pergerakan partikel juga berpengaruh pada hasil deposisi. Kecepatan pergerakan partikel dipengaruhi oleh jari-jari atomnya. Semakin kecil jari-jari atom maka kecepatan untuk bergerak akan lebih cepat dari pada atom dengan jari-jari yang lebih besar. Ni mempunyai jari-jari atom yang lebih kecil yaitu  $1,15 \text{ \AA}$  dari pada Fe,  $1,17 \text{ \AA}$ . Selain jari-jari atom adanya pengadukan juga memberikan pengaruh pada kecepatan pergerakan partikel dimana pengadukan berfungsi sebagai katalisator (pemercepat) Bergeraknya partikel. Hasil komposisi memperlihatkan bahwa dengan pengadukan komposisi yang diperoleh mendekati komposisi  $\text{Ni}_{80}$  dan  $\text{Fe}_{20}$ . Hasil ini menunjukkan bahwa pengadukan memberikan pengaruh terhadap bentuk komposisi lapisan tipis NiFe hasil elektrodeposisi.

### Magneto-resistansi lapisan tipis NiFe

Pada penelitian ini pengukuran magneto-resistansi lapisan tipis NiFe dengan substrat Cu dilakukan dengan menggunakan metode dua titik dengan diberikan medan magnet luar sejajar dengan permukaan lapisan.

Dari Gambar 4 tersebut diketahui bahwa nilai resistansi tertinggi adalah pada saat medan magnet menunjukkan nilai terendah (0 mT), hal ini dikarenakan momen magnetik bahan masih dalam keadaan acak sehingga nilai resistansi yang terukur besar. Semakin besar medan magnet luar yang diberikan nilai resistansi yang terukur cenderung semakin menurun hal ini karena momen magnetik berputar dan semakin terarah dan menjadi teratur dengan meningkatnya medan magnet luar. Bila tingkat keteraturan mencapai maksimum maka keadaan saturasi akan terpenuhi yaitu resistansi tidak berubah meskipun terjadi penambahan medan magnet



Gambar 4. Grafik Magnetoresistansi: a) lapisan tanpa pengadukan dan b) lapisan dengan pengadukan 300rpm.

Rasio magnetoresistansi dihitung dengan persamaan

$$\frac{\Delta R_g}{R_0} \times 100\% = \frac{R_0 - R_h}{R_0} \times 100\%$$

dimana  $R_0$  resistansi tanpa medan dan  $R_h$  adalah resistansi terkecil ketika dikenai medan. Besarnya rasio magnetoresistansi pada lapisan dengan pengadukan yaitu 1,9% sedang tanpa pengadukan sebesar 9,1%. Perbedaan ini dimungkinkan perbedaan keteraturan atom yang dimiliki masing-masing sampel (Gambar 1). Keteraturan struktur atom berpengaruh pada mobilitas elektron. Semakin teratur struktur kristalnya elektron akan bebas bergerak karena sedikit hambatan, sehingga nilai resistansinya turun. Perbaikan struktur kristal berpengaruh pada interaksi *spin-spin* elektron dengan medan magnet luar. *Spin-spin* elektron akan lebih bebas berinteraksi dengan medan magnet luar karena elektron berada di atas kristal. Hal ini mengakibatkan perbedaan nilai resistansi sebelum dan sesudah terpasang medan magnet luar menjadi lebih besar sehingga rasio magnetoresistansinya menjadi lebih besar.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari difraksi sinar-x (XRD) menunjukkan bahwa adanya perlakuan pengadukan pada larutan elektrolit tidak mempengaruhi struktur kristal terbentuk namun mempengaruhi intensitasnya (keteraturan). Struktur yang terbentuk yaitu *fcc* dan orientasi

pertumbuhan pada bidang yang sama yaitu 111, 200, 220 dan 311. Intensitas tertinggi diperoleh pada sampel tanpa pengadukan pada sudut  $43,5305^\circ$  dengan intensitas puncak sebesar 7864 I/s. Hasil uji SEM memperlihatkan bahwa pengadukan memberikan pengaruh terhadap bentuk morfologi lapisan tipis NiFe yang mana pengadukan memberikan hasil permukaan yang lebih rata dan mengurangi ukuran partikelnya. Berdasarkan uji EDX hasil komposisi penyusun lapisan tipis NiFe pada pengadukan lebih mendekati komposisi  $Ni_{80}Fe_{20}$  yaitu 87,51% untuk Ni dan 12,49% untuk Fe. Rasio magnetoresistansi lapisan tipis NiFe tanpa pengadukan sebesar 9,1% sedang dengan pengadukan adalah 1,9% .

### Ucapan terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, yang telah membiayai Penelitian ini lewat dana Hibah Bersaing dengan Nomor Kontrak : 017/SP3/PP-PM/DP2M/II/2006.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hartomo AJ & Kaneko T. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam (elektroplating)*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Gao LJ, Ma P, Novogradez KM, Norton PR. 1997. Characterization of Permalloy Thin Films Electrodeposition on Si(111) surface. *J Apply Phys.* **81(11)**:7595-7599.
- Gopel W, Hesse J, Zemel JN. 1989. *Sensors. comprehensive Survey*. VCH. Weinheim. Germany.

- Heather AF. 2000. The Magnetic and Electrical Properties of Permalloy-Carbon Thin Film Multilayer. *Thesis* Physics from Collage of William and Mary, Virginia.
- Bedir M. 2006. A study on electrodeposited NixFe1-x alloy film. *Pramana Journal of physics*. **66(6)**:1093-1104, Indian Academy of Sciences.
- Tatang AT. 2000. Teknologi Pelapisan Logam secara Listrik. Website: [http://www. Iptek. net. Id](http://www.Iptek.net)
- Watson JK. 1992. Magnetic Devices. *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. 2nd edition. **Volume 9**. Academic Press INC. New York. USA