

PENGARUH MEDAN DEPOSISI PADA STRUKTURMIKRO, RESISTANSI DAN NISBAH MR LAPISAN TIPIS $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ YANG DISIAPKAN DENGAN DC MAGNETRON SPUTTERING

Moh. Toifur

Pusat Studi Fisika Terapan (Pusfit) UAD
Jl. Kapas No. 9 Semaki Yogyakarta

ABSTRAK

PENGARUH MEDAN DEPOSISI PADA STRUKTUR MIKRO, RESISTANSI DAN NISBAH MR LAPISAN TIPIS $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ YANG DISIAPKAN DENGAN DC MAGNETRON SPUTTERING. Telah dibuat lapisan tipis NiFe pada suhu substrat 200°C berbantuan medan deposisi 600 gauss. Penelitian bertujuan untuk mengamati pengaruh medan deposisi terhadap struktur atom lapisan, resistansi dan efek MR. Dari spektrum XRD dinyatakan bahwa lapisan berstruktur kristal dengan puncak-puncak difraksi pada sudut 37,45°, 43,4° dan 44,75° dan bersesuaian dengan unsur Fe_2O_3 , NiFe dan NiO. Penambahan B menjadikan ukuran butir cenderung berkurang. Dari uji resistansi dengan probe 4 titik diperoleh resistansi maksimum sebesar 17407,04 ohm yang bersesuaian dengan medan deposisi 0 gauss, hal mana menunjukkan spin-spin elektron lapisan memiliki struktur paling acak. Sedangkan dari uji MR pada medan $H = 0 - 15$ gauss diperoleh medan jenuh (H_s) semua lapisan 12,5 gauss yang menunjukkan lapisan termasuk jenis *soft magnetic*. Nisbah MR terbesar 10,23 % yang bersesuaian dengan medan $B = 0$ gauss sedangkan nisbah MR terkecil 0,91% bersesuaian dengan medan $B = 300$ gauss. Lapisan yang pertama sesuai untuk sensor medan magnet berstruktur lapisan tunggal sedangkan lapisan yang kedua sesuai untuk membuat sensor medan magnet berstruktur multilapis.

Kata kunci : Strukturmikro, resistansi, nisbah MR

ABSTRACT

THE EFFECT OF DEPOSITION FIELD ON MICROSTRUCTURAL, RESISTANCE AND THE MR RATIO OF $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ THIN FILM PREPARED WITH DC MAGNETRON SPUTTERING. It was fabricated the NiFe thin film growth on the substrate temperature of 200°C enhanced by deposition field of 600 gauss. Research was aimed to investigate the effect of varied deposition field (B) to the atomic structure of film, resistance and MR effect. Atomic structure, resistance and MR effect were characterized by X-ray diffractometer, four-point probe (fpp) and fpp in the external magnetic field respectively. From the XRD spectrum can be stated that film was in crystalline structure with diffraction angles at the 37,45°, 43,4° and 44,75° respectively. These are suitable with Fe_2O_3 , NiFe and NiO elements. The increasing of B field cause the decreasing of grain size. From resistance characterization with four-point probe, it was found that the maximum resistance was 17407,04 ohm according to deposition field of 0 gauss where indicate the most random structure of electron spins of film. While from MR analysis in the external magnetic field of 0 up to 15 gauss found that saturation field (H_s) for all of samples was 12,5 gauss. It is prove that film has soft magnetic film behavior. The maximum value of MR ratio was 10,23% according to B field of 0 gauss while the minimum one was 0,91% according to B field of 300 gauss. The first was suitable for magnetic sensor material with monolayer structure based and the second one was suitable for magnetic sensor material with multilayer based.

Key words : Microstructure, resistance, MR ratio

PENDAHULUAN

Pemakaian suhu substrat saat deposisi dapat berfungsi untuk menyediakan rongga antar atom sehingga semakin memudahkan deposit untuk masuk ke dalam ruang atau celah antar atom. Dengan demikian maka lapisan yang dihasilkan dapat melekat secara lebih kuat. Suhu substrat kaca sebesar 200°C dipandang telah mampu memberikan energi termal kepada atom-atom substrat sehingga atom-atom tersebut bergetar (*vibrasi*) untuk menimbulkan rongga atau celah antar atom. Jika

suhu terlalu besar maka struktur atom substrat akan rusak sehingga lapisan yang terbentuk di atas substrat tersebut sulit memiliki struktur yang teratur. Selain itu sudah barang tentu lapisan yang terbentuk secara fisis akan menjadi kasar.

Pemakaian medan magnet deposisi dapat berpengaruh pada struktur atom serta orientasi *spin-spin* lapisan. Besar kecilnya medan deposisi menentukan tingkat keteraturan orientasi *spin-spin* elektron. Orientasi

spin merupakan salah satu penentu besarnya resistansi khususnya yang berasal dari interaksi antara elektron konduksi *spin down* dengan kanal *spin down* lapisan. Medan deposisi juga menentukan laju pembentukan lapisan. Pada ionisasi gas *sputtering* (Ar) oleh tegangan tinggi (*high voltage*) maka elektron akan menuju ke anoda sedangkan ion menuju ke katoda. Karena elektron berada pada medan magnet (medan deposisi) dengan arah tegak lurus maka akan timbul gaya *Lorentz* sehingga lintasan elektron berbelok. Karena lintasannya berbelok maka elektron untuk sampai ke anoda memiliki lintasan yang bertambah panjang. Semakin panjang lintasan elektron semakin besar kebolehjadian menumbuk atom-atom gas Ar. Tumbukan dengan atom-atom gas Ar akan menimbulkan ionisasi yang baru sehingga konsentrasi plasma di kamar *sputtering* semakin bertambah. Jika konsentrasi plasma bertambah maka jumlah ion yang menumbuk katoda (tempat target) juga bertambah dan penambahan ini akan menambah laju pembentukan lapisan pada substrat.

Merupakan ukuran kepekaan suatu lapisan khususnya lapisan tunggal jika dipaparkan di dalam lingkungan medan magnet luar (eksternal, H). Besarnya nisbah MR dirumuskan dengan:

$$\text{Nisbah MR} = \frac{\Delta R}{R_0} \times 100\% = \frac{(R_0 - R_H)}{R_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan R_0 = resistansi pada medan nol
 R_H = resistansi pada medan H

Untuk susunan multilapis biasanya digunakan istilah GMR (*Giant Magnetoresistance*).

METODE PERCOBAAN

Proses deposisi dilaksanakan mengikuti prosedur sebagai berikut:

Target NiFe berupa pelet bentuk lingkaran berdiameter 6 cm (yang mengandung 80 % berat Ni dan 20% berat Fe) dipasang pada katoda yang telah dilengkapi dengan pendingin target dan substrat kaca dipasang pada anoda. Pompa rotari dijalankan hingga mencapai tekanan 1×10^{-1} torr. Pompa difusi dijalankan dengan menghidupkan pemanas hingga tekanan reaktor mencapai $7,5 \times 10^{-6}$ torr.

Setelah tekanan ini tercapai maka pompa difusi ditutup dan selanjutnya pompa yang digunakan adalah rotari. Tahap berikutnya adalah mengalirkan gas *sputter* (argon) ke dalam tabung reaktor hingga tekanan dalam tabung reaktor naik mencapai $3,0 \times 10^{-1}$ torr dengan cara memutar kran aliran gas. Sistem tegangan tinggi DC dihidupkan sesuai tegangan kerja yang diinginkan yaitu ditandai dengan terbentuknya plasma dalam reaktor yang berarti proses deposisi sedang berlangsung. Setelah itu sistem pendingin dihidupkan agar target tidak mengalami perubahan sifat karena panas.

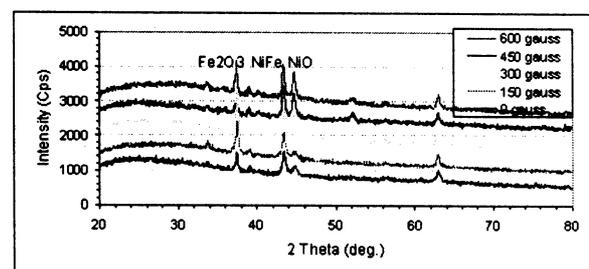
Tahap berikutnya adalah menghidupkan medan deposisi yang besarnya divariasi mulai dari 0, 150, 300, 450

dan 600 gauss. Proses deposisi dilakukan dalam waktu 30 menit. Setelah selesai maka deposisi dihentikan dengan cara menutup aliran gas argon, mematikan sistem tegangan tinggi dc, menutup pompa rotari, pompa difusi serta mematikan sistem pengontrol suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Struktur Atom Lapisan dari Difraktogram XRD

Dari analisis dengan XRD untuk sampel yang disiapkan pada variasi medan deposisi dari 0 – 600 gauss diperoleh grafik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Difraktogram XRD lapisan NiFe hasil deposisi pada berbagai medan deposisi

Dari gambar tersebut tampak bahwa struktur lapisan berupa kristal yang ditemukan pada puncak-puncak difraksi di sekitar sudut $37,45^\circ$, $43,4^\circ$ dan $44,75^\circ$. Puncak-puncak tersebut setelah diidentifikasi menurut *Power Diffraction Powder* [1, 2, 3] merupakan puncak dari unsur Fe_2O_3 , NiFe dan NiO.

Dengan mencermati grafik secara berturut-turut dari bawah ke atas (sesuai dengan kenaikan medan deposisi B), tampak bahwa medan B berpengaruh pada struktur atom lapisan terutama untuk NiO yang tampak pada sudut difraksi $\pm 44,75^\circ$. Pada medan 0 gauss puncaknya belum begitu tampak. Sejalan dengan penambahan B puncaknya semakin bertambah. Adanya oksida Fe dan Ni diakibatkan oleh pemakaian bahan substrat yaitu silikat (SiO_3) dan bahan target yang masih mengandung oksigen. Oksigen pada kedua bahan ini tidak dapat dihilangkan dengan cara pemvakuman karena telah bereaksi secara kimia dengan bahan substrat maupun bahan target. Untuk bahan target terjadinya oksida disebabkan oleh pemanasan target (setelah diangkat dari fasilitas *pressing*) dilakukan tidak di ruang vakum dan pada suhu 800°C . Perlu diketahui nikel merupakan bahan yang sangat reaktif terhadap oksigen dan jumlahnya cukup banyak yaitu 80% dari berat seluruh target.

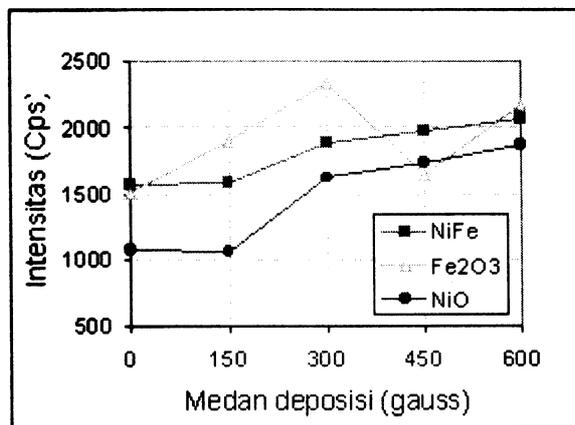
Demikian pula unsur-unsur yang lain juga mengalami perubahan struktur walaupun jika dilihat secara langsung pada Gambar 1 tidak terlalu jelas. Untuk memperjelas pengaruh B pada besarnya intensitas maka pada Tabel 1 ditampilkan sudut difraksi dan intensitas dari NiFe, Fe_2O_3 dan NiO untuk lapisan NiFe yang

dipreparasi pada berbagai medan deposisi dari 0 hingga 600 gauss.

Selanjutnya dari Tabel 1 tersebut diplot grafik intensitas terhadap medan deposisi dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Sudut difraksi dan intensitas dari NiFe, Fe₂O₃ dan NiO lapisan yang dipreparasi pada berbagai medan deposisi

| B (gauss) | NiFe | | Fe ₂ O ₃ | | NiO | |
|-----------|-------------|---------|--------------------------------|---------|-------------|---------|
| | 2 Theta (°) | I (Cps) | 2 Theta (°) | I (Cps) | 2 Theta (°) | I (Cps) |
| 0 | 43.47 | 1566 | 37.47 | 1520 | 44.79 | 1080 |
| 150 | 43.42 | 1582 | 37.43 | 1900 | 44.72 | 1058 |
| 300 | 43.35 | 1882 | 37.36 | 2336 | 44.62 | 1624 |
| 450 | 43.52 | 1974 | 37.46 | 1644 | 44.65 | 1730 |
| 600 | 43.29 | 2068 | 37.33 | 2172 | 44.56 | 1866 |



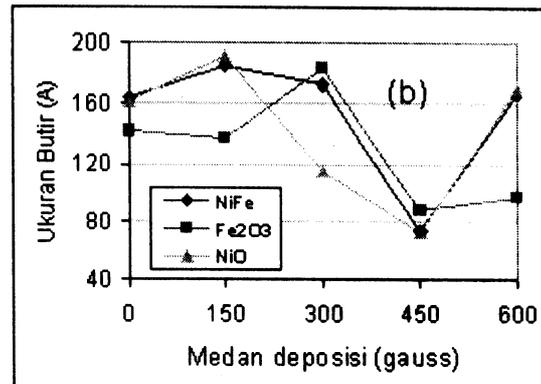
Gambar 2. Grafik intensitas NiFe, Fe₂O₃ dan NiO pada berbagai medan deposisi

Dari Gambar 2 tampak adanya kecenderungan bahwa semakin besar B intensitas semua unsur pada lapisan semakin bagus kecuali untuk Fe₂O₃ pada medan 450 gauss mengalami penurunan kemudian pada medan 600 gauss mengalami kenaikan lagi. Hal ini menunjukkan bahwa struktur atom masing-masing unsur juga semakin teratur. Keteraturan ini bisa terjadi karena lapisan semakin tebal sehingga jumlah atom yang tertumpuk semakin banyak mengingat salah satu kegunaan dari B adalah untuk memperbesar konsentrasi plasma sehingga akan semakin meningkatkan laju pembentukan lapisan pada substrat. Jika lapisan semakin tebal dan pertumbuhan atomnya berjalan normal (tidak ada kelainan) maka keteraturan atom semakin mudah terbentuk yang ditandai dengan tingginya intensitas puncak difraksi.

Pengaruh Medan Deposisi Terhadap Ukuran Butir

Sebagaimana dinyatakan di depan bahwa medan deposisi dapat membantu memperkaya konsentrasi plasma di dalam kamar sputtering. Dengan adanya pengayaan konsentrasi plasma ini maka laju pembentukan lapisan akan meningkat. Tentu semakin besar medan deposisi tebal lapisan akan semakin besar.

Ternyata pengaruhnya tidak hanya pada ketebalan lapisan namun juga pada ukuran butir. Gambar 3 menampilkan ukuran butir rata-rata (grain size) yang dihitung dengan menggunakan rumus Scherrer sebagai fungsi dari medan deposisi.



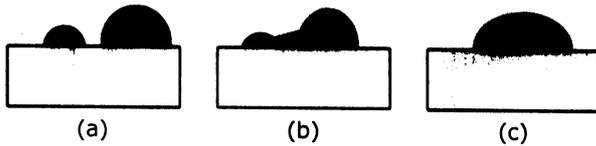
Gambar 3. Ukuran butir sebagai fungsi dari medan deposisi

Secara umum semakin besar medan deposisi semakin kecil ukuran butir. Pada medan nol lapisan yang terbentuk masih tipis dan diantara atom-atom deposit masuk pada celah antar atom (interstisi) di permukaan substrat. Akibatnya struktur permukaan lapisan masih kasar. Dengan struktur lapisan yang masih kasar ini menyebabkan ukuran butirnya masih besar. Sejalan dengan penambahan medan deposisi maka tebal lapisan semakin bertambah sehingga ikatan antar atom-atom deposit semakin mendominasi. Hal ini ditandai dengan struktur lapisan yang semakin halus sehingga ukuran butir menjadi semakin kecil. Terdapat ukuran butir minimal untuk NiFe yaitu 74,25 Å pada medan 450 gauss kemudian meningkat menjadi 166,97 Å pada 600 gauss. Ukuran butir yang minimal ini juga dialami oleh Fe₂O₃ dan NiO yang masing-masing berukuran 88,81 Å dan 73,12 Å sehingga pada medan 450 gauss ini keadaan fisis lapisan paling halus dibanding yang lain. Tentang tahapan terbentuknya lapisan serta keadaan fisis lapisan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahap pembentukan lapisan dan sifat fisisnya

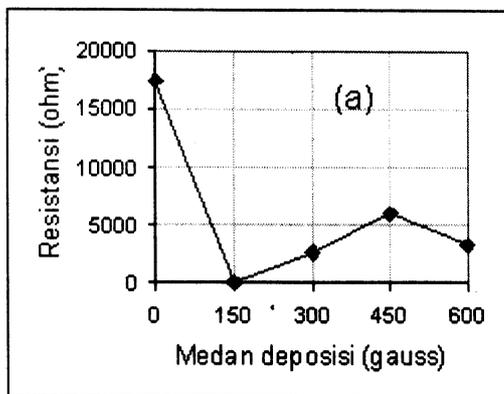
| No | Medan deposisi | Tahap terbentuknya lapisan | Sifat fisis |
|----|----------------|--|---|
| 1 | <450 gauss | Tahap terbentuknya ikatan antara atom-atom deposit dan substrat serta terbentuknya lapisan | • Lapisan kasar yang ditandai dengan ukuran butir besar |
| 2 | = 450 gauss | Tahap penambahan tebal lapisan | • Lapisan halus ditandai dengan ukuran butir kecil |
| 3 | > 450 gauss | Tahap penambahan ketebalan lapisan | • Lapisan kurang halus ditandai dengan ukuran butir bertambah besar |

Diperkirakan jika medan deposisi ditambah terus maka ukuran butir ini akan berfluktuasi sebagaimana yang pernah peneliti lakukan yaitu deposisi lapisan NiFe dengan memvariasi medan deposisi dan *set up* suhu substrat $150^{\circ}C$ [4].



Gambar 4. Proses bertambahnya ukuran butir (a) ripening Ostwald (b) Sintering (c) terbentuk butir baru dengan ukuran lebih besar

Hal ini berlaku pada medan sampai 450 gauss. Untuk medan 600 gauss ternyata ukuran butirnya meningkat lagi. Meningkatnya ukuran butir ini akibat dari bergabungnya (difusi) butir yang satu dengan yang lain seperti pada cairan (*liquidlike*) membentuk butir yang baru dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran butir semula [5].



Gambar 5. Resistansi lapisan dan ukuran butir pada berbagai medan deposisi

Pengaruh Medan Deposisi pada Resistansi Lapisan

Pada Gambar 5 (a) ditampilkan grafik resistansi pada berbagai medan deposisi. Besar kecilnya resistansi dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya struktur kristal, ukuran butir, adanya defek pada kristal, ketakmurnian serta orientasi *spin-spin* elektron atom-atom lapisan.

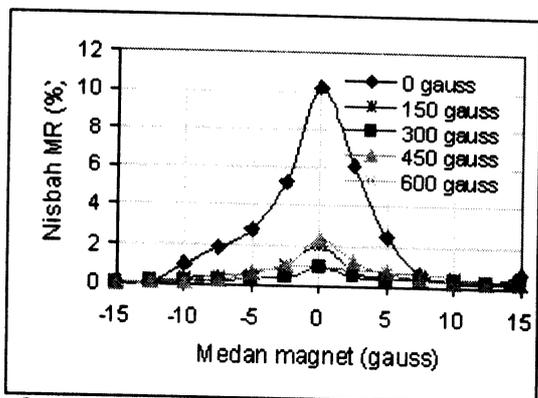
Tampak adanya kecenderungan semakin besar medan deposisi semakin kecil resistansinya. Pada medan kecil resistansinya besar karena strukturnya masih kasar sehingga elektron konduksi yang dialirkan pada lapisan akan memperoleh banyak hambatan. Semakin besar medan deposisi lapisan yang terbentuk semakin tebal sehingga strukturnya menjadi semakin halus. Akibatnya elektron konduksi tidak terlalu mengalami banyak hambatan. Akibatnya resistansinya semakin kecil. Dengan membandingkan kurva resistansi pada

Gambar 5 dengan kurva intensitas pada Gambar 2 dan kurva ukuran butir pada Gambar 3 maka tampak pada medan nol resistansi paling besar dibanding dengan resistansi pada medan-medan yang lain yaitu 17407,04 ohm.

Hal ini dipengaruhi oleh baik intensitas (terkait dengan tingkat keteraturan struktur atom), ukuran butir dan orientasi *spin-spin* elektron. Intensitas yang rendah (dalam hal ini 1566 Cps untuk NiFe Cps, 1080 Cps untuk NiO dan 1520 Cps untuk Fe_2O_3) berarti struktur kristal kurang teratur sehingga elektron konduksi banyak mengalami hamburan (*scattering*) oleh atom-atom lapisan. Demikian pula ukuran butir yang besar menyebabkan elektron konduksi banyak mengalami hamburan pada batas butir. Selain itu pada medan 0 struktur orientasi *spin-spin* elektron masih acak sehingga elektron-elektron konduksi dapat mengisi kanal *spin up* dan *spin down* pada berbagai arah. Jika medan diperbesar maka orientasi *spin-spin* elektron menjadi lebih tertata ke arah medan deposisi. Semakin besar medan deposisi semakin tertata orientasi spinnya. Jika keadaan tata ini dicapai maka penyumbang resistansi yang berasal dari *spin* elektron hanya ada satu jenis kanal saja yaitu kanal *spin down*. Dengan demikian resistansinya menjadi kecil. Variasi resistansi yang lain tergantung pada ukuran butir dan intensitasnya. Pada medan 150 gauss struktur Fe_2O_3 semakin baik dan ukuran butir NiFe dan NiO semakin kecil sehingga resistansinya turun menjadi 34,29 ohm. Pada medan 150-300 gauss resistansi lapisan banyak dipengaruhi oleh ukuran butir dari Fe_2O_3 yang tampak semakin meningkat dari 137,57-183,34 Å sementara itu untuk NiO dan NiFe terjadi penurunan. Demikian pula untuk intensitasnya tampak strukturnya semakin teratur untuk ketiga bahan. Pada medan 300-450 gauss resistansi juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh struktur Fe_2O_3 yang menjadi tidak teratur yang ditandai dengan turunnya intensitas difraksi dari 2366 menjadi 1644 Cps. Pada medan 450-600 gauss resistansi menurun dari 6052,68 ohm menjadi 3243,69 ohm. Turunnya resistansi ini disebabkan oleh semakin teraturnya struktur Fe_2O_3 , NiFe serta NiO yang lebih besar pengaruhnya dibanding dengan bertambahnya ukuran butir.

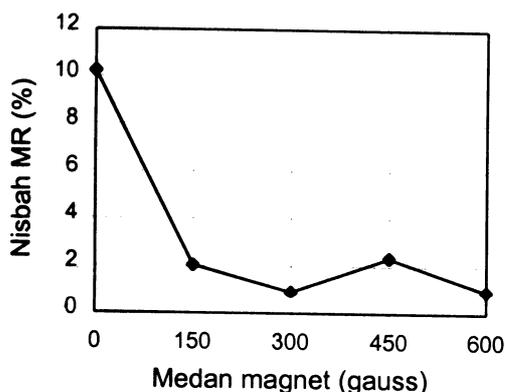
Pengaruh Medan Deposisi pada Nisbah MR

Pada Gambar 5 ditampilkan kurva nisbah MR yang dikarakterisasi pada lingkungan medan H dari 0 hingga 15 gauss. Dari gambar tersebut tampak bahwa medan deposisi berpengaruh pada profil kurva MR nya. Parameter kualitas lapisan terkait dengan gambar tersebut dapat ditentukan dari nilai nisbah MRnya, tingkat kepipihannya dan medan jenuhnya. Besarnya medan jenuh untuk semua sampel sekitar 15 gauss. Ini berarti pada medan tersebut semua atau hampir *spin-spin* elektron lapisan telah mengarah ke arah medan H [6]. Sekaligus hal ini menunjukkan bahwa lapisan merupakan *soft magnetic*.



Gambar 5. Kurva nisbah MR lapisan NiFe pada variasi medan deposisi dari 0 - 600 gauss

Selanjutnya pada Gambar 6 ditampilkan grafik nisbah MR (maksimum) terhadap medan H yang dihitung menurut rumus (1). Tampak bahwa semakin besar medan H semakin kecil nisbah MR nya. Besar kecilnya nilai MR menunjukkan tingkat kepekaan lapisan terhadap perubahan medan H. Semakin besar nisbah MR menunjukkan lapisan semakin peka terhadap perubahan medan H dan sebaliknya. Pada medan deposisi 0 gauss lapisan memiliki nisbah MR terbesar yaitu 10,23 %. Nilai ini paling besar dibandingkan dengan nilai MR pada medan deposisi yang lain. Sedangkan pada medan deposisi 300 gauss lapisan memiliki nisbah MR terkecil yaitu 0,91%.



Gambar 6. Grafik nisbah MR pada berbagai medan deposisi

Besarnya nisbah MR pada medan 0 gauss disebabkan oleh orientasi *spin-spin* elektron lapisan masih sangat acak sehingga medan H masih memiliki peluang yang besar untuk mengubah orientasi *spin-spin* elektron menuju ke posisi yang teratur. Jika medan deposisi diperbesar *spin-spin* ini akan berputar mengikuti arah medan deposisi B tersebut. Karena telah ada pola arah *spin* maka jika lapisan ini ditempatkan pada lingkungan medan H *spin* ini menjadi kurang bebas bergerak atau berpindah orientasi. Semakin besar medan deposisi semakin sulit bagi *spin* untuk berpindah orientasi ke arah selain arah medan deposisi B sehingga dikatakan bahwa *spin* tersebut telah terblokir ke arah medan

deposisi. Akibatnya jika lapisan seperti ini dipaparkan di dalam lingkungan medan H akan sulit untuk berpindah orientasi sehingga nisbah MR nya menjadi kecil. Lapisan yang memiliki kepekaan yang tinggi cocok digunakan sebagai sensor medan magnet lapisan tunggal sedangkan lapisan yang memiliki nisbah MR yang kecil sesuai untuk sensor medan magnet dengan formasi multilapis. Dari analisis ini lapisan yang disiapkan dengan bantuan medan deposisi 0 (tanpa medan) paling sesuai untuk sensor medan magnet lapisan tunggal sedangkan lapisan yang disiapkan dengan bantuan medan deposisi 300 gauss

KESIMPULAN

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Medan deposisi berpengaruh pada keteraturan struktur kristal serta ukuran butir. Semakin besar medan deposisi semakin bagus strukturnya. Demikian pula semakin besar medan deposisi semakin kecil ukuran butirnya kecuali untuk medan B = 600 gauss karena terjadinya efek penggabungan atom-atom.
2. Medan deposisi juga berpengaruh pada besarnya resistansi. Terdapat kecenderungan semakin besar medan deposisi semakin kecil resistansinya. Besar kecilnya resistansi dipengaruhi oleh keteraturan struktur kristal, ukuran butir serta orientasi *spin-spin* elektron lapisan.
3. Dari sifat MR lapisan menunjukkan lapisan berjenis *soft magnetic* dengan medan jenuh (H_s) sebesar 12,5 gauss. Nisbah MR terbesar yang dicapai adalah 10,23% yang bersesuaian dengan medan deposisi 0 gauss sementara nisbah MR terkecil 1,91% sesuai dengan medan deposisi 300 gauss. Yang pertama sesuai untuk bahan sensor medan magnet lemah lapisan tunggal sedangkan yang kedua sesuai untuk bahan sensor medan magnet lemah berstruktur multilapis.

DAFTAR ACUAN

- [1]. HENRY, NFM, LIPSON, H and Wooster, WA, *The Interpretation of X-Ray Diffraction Photograph*, MacMillan and C., London, (1951)
- [2]. MCCLUNE, WF, MAGUIRE, TM, POST, B, WEISSMANN, S and ZWEL, L, *Power Diffraction File Alphabetical Index inorganic Phase*, JCPDS, Park Lane, USA, (1983)
- [3]. MORRIS, M., McMURDLE, HF, EVANS, EH, De GROOT, J, PARETZKIN, B, SWASON, HE and CARMEL, SJ, *Powder Diffraction Data*, JCPDS Park Lane, USA, (1976)
- [4]. MOH. TOIFUR, SUKINEM, SUJATMOKO dan WIRYOADI, Pengaruh Medan Deposisi pada Struktur Mikro Resistansi dan Nisbah MR Lapisan Tipis $Ni_{80}Fe_{20}$ yang Disiapkan dengan Teknik

Pengaruh Medan Deposisi pada Strukturmikro, Resistansi dan Nisbah MR Lapisan Tipis Ni₈₀Fe₂₀ yang Disiapkan dengan DC Magnetron Sputtering (Moh. Toifur)

Sputtering, Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian MIPA dan Pendidikan MIPA, UNY, Yogyakarta, (2003)

- [5]. OHRING, M, *The Materials Science of Thin Films*, Academic Press, Inc. New York,(1992)
- [6]. WANG, S, *Solid-State Electronics*, International Student Ed., McGraw-Hill Book Co. London, (1966)