

PENGARUH MEDAN MAGNET LUAR PADA LAPISAN TIPIS ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) HASIL DEPOSISI MENGGUNAKAN TEKNIK DC MAGNETRON SPUTTERING

Wirjoadi, Bambang Siswanto, Yunanto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju - BATAN

ABSTRAK

PENGARUH MEDAN MAGNET LUAR PADA LAPISAN TIPIS ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) HASIL DEPOSISI MENGGUNAKAN TEKNIK DC MAGNETRON SPUTTERING. Telah dilakukan deposisi lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) pada substrat gelas menggunakan teknik DC magnetron sputtering. Untuk maksud tersebut medan magnet yang dikenakan pada DC Magnetron Sputtering divariasi. 0; 150; 300; 450; dan 600 gauss. Sedang kondisi parameter proses sputtering lainnya dibuat konstan yaitu suhu substrat 250 °C, tekanan 2×10^{-1} Torr, waktu deposisi 30 menit, tegangan elektrode 2 kV dan arus 20 mA. Untuk mengamati gejala magnetoresistansi, lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dikenai medan magnet luar dari 0 hingga 15 gauss dan perubahan resistansinya diukur menggunakan probe empat titik. Dari hasil pengamatan magnetoresistansi diperoleh hasil bahwa magnetoresistansi optimum sebesar 4,34 % dicapai pada medan magnet DC magnetron sputtering sebesar 150 gauss. Dari analisa struktur kristal menggunakan XRD teramati puncak-puncak Fe_2O_3 (110), NiFe (111), NiO (200) dan Fe_3O_4 (211).

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF EXTERNAL MAGNETIC FIELD ON ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) THIN FILM DEPOSITED USING DC MAGNETRON SPUTTERING TECHNIQUE. It has been deposited of ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) thin film on glass substrate using DC magnetron sputtering technique. For the purpose the magnetic field applied to DC magnetron sputtering were varied from 0; 150; 300; 450 and 600 gauss. While others parameters were kept constant, substrate temperature 250 °C, 2×10^{-1} Torr gas pressure, 30 minutes deposition time, 2 kV electrodes voltage and 20 mA the current. To observe the magnetoresistance, the thin film was applied with external magnetic field from 0 up to 15 gauss and it was measured its resistance changing using four point probe. It was found that the optimum magnetoresistance in order of 4,34 % were achieved at 150 gauss at magnetic field at DC magnetron sputtering. From the XRD result can be concluded that the thin film has peaks at Fe_2O_3 (110), NiFe (111), NiO (200) and Fe_3O_4 (211).

PENDAHULUAN

Saat ini telah berkembang secara luas sejak ditemukannya efek giant magneto-resistansi (GMR) dalam *multilayers* dan berbagai *magnetic metal/nonmagnetic metal superlattices*. Efek (GMR) juga telah ditemukan dalam beberapa sistem butiran-butiran kecil (*granular*) yang terbentuk menggunakan proses *cold deposition* dan *melt spinning* dari metal yang tidak dapat tercampur (*immiscible metals*), seperti Co dan Cu. Wang, Zhang dan Levy mengusulkan suatu model yang tepat untuk menjelaskan efek (GMR) dalam eksperimen yang telah dilakukan. Mereka menunjukkan

bahwa distribusi ukuran butir magnetik memegang peranan penting dalam penjelasan hasil eksperimennya. Berbagai usaha dilakukan untuk menyelidiki morfologi butiran baik bentuk, ukuran maupun distribusinya.

Efek (GMR) merupakan fenomena perubahan resistivitas listrik yang sangat besar pada struktur (*multi-layers*) bahan feromagnetik atau paramagnetik akibat dari perubahan momen magnet relatif terhadap lapisan sebagai fungsi dari medan magnet luar. Dasar dari (GMR) tersebut adalah ketergantungan resistivitas listrik terhadap spin elektron, yaitu paralel dan anti paralel terhadap momen

magnetik lapisan tipis. Efek (GMR) akan terjadi jika kecepatan hamburan dari *spin up* dan *spin down* elektron pada lapisan tipis magnetik atau non magnetik berbeda. Hamburan elektron tampak kuat untuk elektron yang memiliki spin anti paralel terhadap magnetisasi lokal (*spin down*), dan hamburan elektron lemah pada elektron yang memiliki spin paralel terhadap magnetisasi lokal (*spin up*).

Bahan lapisan tipis magnetik dapat dibuat dengan beberapa teknik, antara lain adalah teknik evaporasi hampa, sputtering atau implantasi ion. Dalam makalah ini disajikan hasil penelitian tentang pembuatan lapisan tipis magnetik ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dengan teknik sputtering DC. Bahan target logam paduan magnetik ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) didepositkan pada substrat gelas menggunakan teknik sputtering DC, sehingga dihasilkan bahan lapisan tipis yang bersifat feromagnetik. Selain itu juga dibahas bagaimana pengaruh medan magnet luar terhadap nilai resistansi cuplikan dan nisbah (GMR), juga bagaimana perubahan struktur kristalnya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah diperolehnya data-data tentang pengaruh medan magnet luar terhadap nilai resistansi cuplikan dan perubahan struktur kristal hasil sputtering, sehingga diperoleh nisbah GMR optimum. Selanjutnya diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh bahan lapisan tipis magnetik yang dapat dimanfaatkan sebagai sensor medan magnet.

Lapisan tipis yang dapat digunakan sebagai sensor magnetik harus dideposisi dari bahan yang peka terhadap medan magnet sehingga material feromagnetik merupakan pilihan yang cocok untuk keperluan tersebut. Dengan demikian lapisan tipis telah disiapkan dari bahan dasar logam paduan ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dengan memanfaatkan teknologi fabrikasi yang tersedia di dalam negeri yaitu dengan teknik sputtering DC. Gejala fisis utama yang melatar belakangi pemanfaatan lapisan tipis tersebut sebagai sensor medan magnet adalah perubahan nilai hambatan (resistansi) listrik bahan secara menyolok terhadap variasi medan magnet luar sehingga lazim dinamakan Giant Magneto-resistansi (GMR). Nilai nisbah magnetoresistansi didefinisikan sebagai perbandingan antara besar perubahan resistansi (R) terhadap nilai

resistansi dalam medan magnet luar (B_0) dengan resistansi tanpa medan magnet, yaitu seperti yang dirumuskan dalam bentuk : $[\Delta R / R_{(0)}] = [R_{(0)} - R_{(B)}] / R_{(0)}$. Timbulnya GMR dalam bahan magnetik dikaitkan dengan kehadiran dan perilaku spin-spin magnetik elektron-elektron bebas dalam merespon medan magnet.

TATA KERJA DAN PERCOBAAN

Persiapan Bahan

Bahan utama yang telah disiapkan untuk target adalah dari unsur Nikel (Ni) dan besi (Fe) dalam bentuk serbuk, yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan logam paduan ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$). Ukuran partikel serbuk Ni lebih kecil dari ukuran partikel serbuk Fe yang memiliki ukuran partikel 10 μm dengan kemurnian 99,5 %. Bahan dasar target logam paduan ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) didisain berbentuk lempeng bulat dengan diameter 60 mm dan ketebalan lempeng 2 mm. Target serbuk ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dipres/ditekan dengan beban sekitar 10 ton, kemudian melalui proses pemanasan hingga 600 °C selama 1 jam.

Sebagai bahan untuk substrat adalah gelas preparat yang dipotong dengan ukuran (1 \times 2) cm^2 . Sebelum digunakan dalam proses deposisi terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang mungkin ada pada permukaan substrat dengan deterjen, lalu dengan alkohol, menggunakan *ultrasonic cleaner*. Substrat gelas yang sudah bersih, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 125 °C selama 60 menit, selanjutnya disimpan dalam plastik klip. Bahan untuk proses pendamping yaitu gas Argon yang merupakan gas sputter yang berfungsi melepaskan bahan dasar paduan ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dan substrat tempat untuk mendeposisikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$).

Proses Sputtering

Sebelum dilakukan proses sputtering, tabung reaktor plasma dihampakan sampai ke tingkat kevakuman 10^{-6} torr agar gas residu dan gas-gas pengotor lainnya keluar dari tabung reaktor tersebut. Setelah beberapa saat gas argon dialirkan melalui kran, sehingga tekanan gas di dalam tabung reaktor akan naik menjadi

10^{-2} torr. Pada bagian katoda (tempat target) didinginkan dengan air pendingin supaya suhu pada target tidak naik karena tertumbuk ion argon. Kemudian pada bagian anoda (tempat substrat) dipanaskan untuk memperbesar frekuensi getaran atom substrat. Selanjutnya penyedia daya tegangan tinggi DC dihidupkan, maka gas argon yang ada pada celah elektroda akan terionisasi. Ion argon akan menumbuki target ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dan ion argon akan bersenyawa dengan ion ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) menumbuk substrat. Pendeposisian lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) pada substrat dilakukan dengan parameter sputtering DC yaitu tegangan = 2 kV; arus = 20 mA; jarak antar elektroda = 2 cm; tekanan gas = 2×10^{-1} Torr; suhu substrat = 250°C dan waktu deposisi 30 menit. Dalam penelitian ini juga telah dilakukan variasi medan magnet luar untuk proses deposisi sebesar 0; 150; 300; 450 dan 600 gauss.

Karakterisasi Cuplikan

Pengukuran Resistansi dan Nisbah GMR

Pengukuran resistansi cuplikan dilakukan menggunakan probe empat titik dengan cara mengukur kuat arus (I) dan beda potensial (V) untuk cuplikan-cuplikan sebelum dan sesudah dilakukan proses sputtering. Dua probe terluar dihubungkan dengan sumber arus, sedangkan dua probe bagian dalam dihubungkan dengan voltmeter. Kemudian cuplikan diletakkan dalam medan magnet yang besarnya dapat diubah-ubah. Pada saat medan magnet nol dilakukan variasi kuat arus dan pengamatan perubahan tegangan pada voltmeter, sehingga diperoleh data perubahan nilai I dan V . Dengan cara yang sama, medan magnet dipasang pada beberapa nilai kuat medan magnet, sehingga diperoleh grafik hubungan antara kuat medan magnet dengan nilai resistansi cuplikan. Sedangkan nilai nisbah GMR ditentukan dengan menggunakan rumusan,

$$\text{Nisbah (GMR)} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{R(0) - R(B)}{R(0)}$$

dengan $R(0)$ adalah resistansi terbesar dari cuplikan pada medan magnet sama dengan nol dan $R(B)$ adalah resistansi terendah dari cuplikan dalam medan magnet luar B .

Pengamatan Struktur Kristal

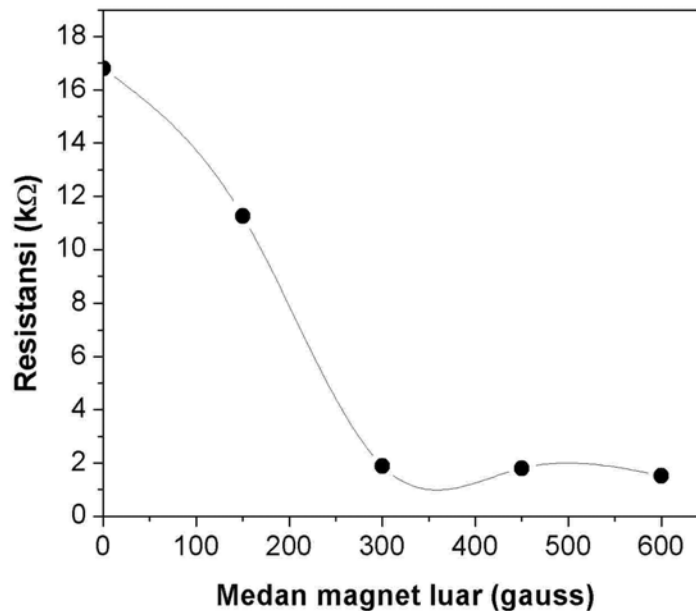
Pengamatan struktur kristal dan jenis unsur dalam cuplikan hasil sputtering DC pada lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) dilakukan dengan menggunakan Difraksi Sinar X (XRD). Peralatan XRD tersebut menggunakan sumber radiasi K_{α} dari katode Cu yang memiliki panjang gelombang sekitar 1,54 angstrom. Hasil karakterisasi dari spektrum XRD memberikan informasi mengenai keadaan cuplikan seperti : posisi dari atom-atom dan bidang (hkl) dari kristal yang terbentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) terhadap variasi medan magnet luar dengan teknik sputtering DC. Lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) yang terbentuk pada substrat gelas diperoleh pada kondisi sputtering : tekanan gas argon 2×10^{-1} Torr, suhu substrat 250°C , waktu deposisi 30 menit, tegangan elektrode 2 kV dan arus 20 mA, dimana kondisi ini merupakan kondisi optimum setelah dilakukan berbagai variasi parameter sputtering. Pada saat deposisi lapisan tipis proses sputtering juga telah dilakukan variasi medan magnet luar 0; 150; 300; 450 dan 600 gauss. Untuk pengukuran nilai resistansi dari hasil deposisi telah dilakukan dengan menggunakan probe empat titik.

Pada Gambar 1 ditampilkan grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet luar pada lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering pada kondisi sputtering optimum tersebut di atas.

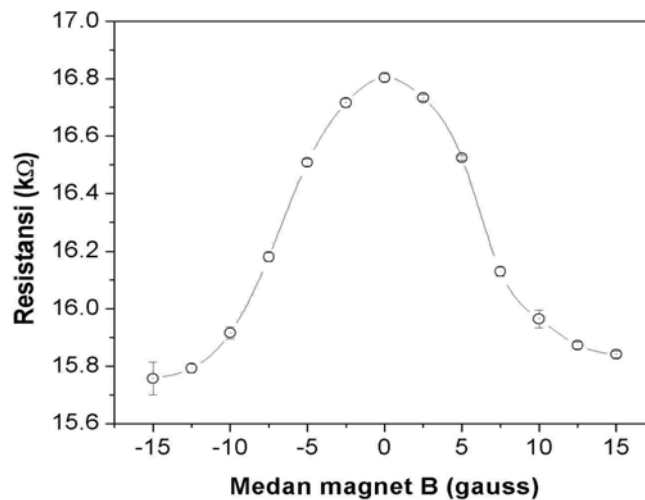
Pada kondisi optimum parameter sputtering tersebut diatas tanpa medan magnet luar menghasilkan lapisan tipis percikan atom ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) yang terbentuk pada substrat gelas diperoleh hasil nilai resistansi $R = 16,803 \text{ k}\Omega$. Kemudian untuk medan magnet luar 150 gauss dikenakan pada elektroda, maka ion Ar tidak hanya melintas dari anoda ke katoda tetapi akan berjalan berputar sambil saling bertumbukan, sehingga menyebabkan atom Ar semakin banyak yang terionisasi. Dengan demikian ion Ar yang menumbuki target akan semakin meningkat. Pada akhirnya percikan atom target yang terdeposisi pada substrat gelas meningkat



Gambar 1. Grafik perubahan resistansi terhadap medan magnet luar pada cuplikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering pada kondisi optimum tekanan gas argon 2×10^{-1} Torr, suhu substrat 250°C , waktu deposisi 30 menit, tegangan 2 kV dan arus 20 mA.

dan lapisan tipis yang terbentuk semakin tebal. Apabila lapisan tipis semakin tebal, maka elektron akan lebih banyak yang mengalir, sehingga nilai resistansi turun menjadi $R = 11,254 \text{ k}\Omega$. Untuk medan magnet luar dinaikkan lagi menjadi 300 gauss, maka ion Ar yang terionisasi semakin meningkat lagi, sehingga atom-atom target yang terlepas akan semakin meningkat. Dengan demikian lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) yang terbentuk akan semakin tebal yang akhirnya semakin banyak elektron yang mengalir, sehingga nilai resistansi turun lagi menjadi $R = 1,885 \text{ k}\Omega$. Apabila medan magnet luar dinaikkan lagi 450 sampai 600 gauss, maka ion-ion Ar pada medan magnet luar tersebut dan susunan atom-atom Ar akan semakin teratur. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa dengan meningkatnya keteraturan susunan atom dalam lapisan tipis $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ menyebabkan menurunnya nilai resistansinya berturut-turut $R = 1,803 \text{ k}\Omega$ dan $R = 1,520 \text{ k}\Omega$. bila medan magnet luar dinaikkan 450 gauss dan 600 gauss.

Pada Gambar 2 menampilkan grafik perubahan resistansi terhadap medan magnet B pada lapisan tipis $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ tanpa medan magnet luar hasil sputtering pada kondisi sputtering tersebut diatas. Pada grafik tersebut terlihat dua karakter pokok lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$), yaitu watak simetris dan nilai resistansi yang mencapai nilai maksimum pada medan magnet $B = 0$. Hal tersebut dikarenakan terjadinya pergeseran spin-pin elektron bila dipengaruhi oleh medan magnet. Penurunan nilai resistansi seiring bertambahnya medan magnet B pada Gambar 2, terjadi baik untuk medan magnet dengan nilai positif dan negatif. Watak simetris yang terjadi menunjukkan bahwa lapisan tipis yang terbentuk adalah magnet lunak (bukan magnet permanen). Jika lapisan tipis tidak dipengaruhi lagi oleh medan magnet, spin-spin elektron yang tadinya searah dengan magnetisasi akan kembali seperti semula. Dalam hal ini akan menyebabkan resistansi bahan lapisan tipis akan kembali seperti semula.



Gambar 2. Grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B pada cuplikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering tanpa medan magnet luar dalam kondisi optimum.

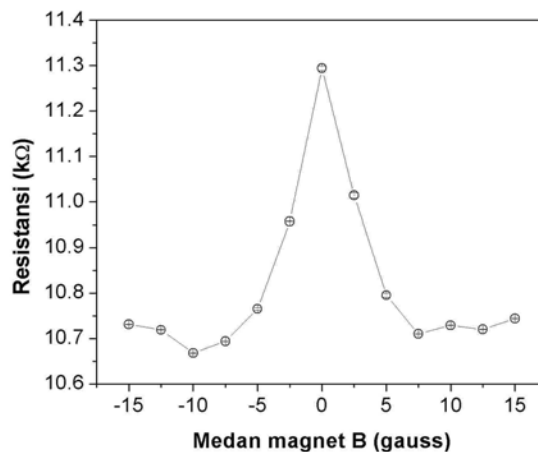
Nilai resistansi yang mencapai maksimum pada saat medan belum terpasang terjadi karena spin-spin elektron masih tidak teratur. Bila nilai medan magnet dinaikkan, spin-spin elektron yang menjadi sumber kemagnetan bahan akan lebih banyak yang searah dengan arah magnetisasi sehingga dengan bertambahnya medan magnet akan menambah kemagnetan bahan dan mengarahkan spin-spin elektron yang belum terarah. Selain itu, pemberian medan magnet pada elektron bebas sama pengaruhnya dengan pemberian medan listrik, sehingga semakin besar medan magnet yang diberikan akan menyebabkan gerak elektron menjadi semakin cepat karena adanya tambahan energi untuk pergerakannya. Kejadian ini akan meningkatkan nilai konduktivitas bahan dan mengurangi nilai resistansi bahan tersebut. Setelah hampir semua spin-spin elektron terarah, maka bahan akan mengalami kejenuhan yaitu nilai resistansi bahan akan tetap meskipun medan magnet dinaikkan. Grafik resistansi fungsi medan magnet B yang pada saat deposisi tanpa medan luar menunjukkan grafik seperti distribusi gaussian (tumpul) dan mencapai nilai resistansi maksimum $R = 16,803 \text{ k}\Omega$, pada medan magnet $B = 0 \text{ gauss}$. Grafik ini mulai mengalami penurunan resistansi dengan ber-

tambahnya medan magnet B dan menunjukkan nilai jenuh GMR pada saat medan magnet B mencapai $\pm 15 \text{ gauss}$, artinya pada keadaan ini arah magnetisasi telah searah dengan arah medan luar. Sumbangan resistansi magnetik akan minimal pada saat spin-spin magnetik paling teratur atau searah. Berdasarkan perhitungan nisbah GMR dengan rumusan diatas, luasan kurva dibatasi pada saat posisi medan magnet $B = \pm 5 \text{ gauss}$, maka nilai nisbah GMR lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering yang diperoleh adalah 1,68 %.

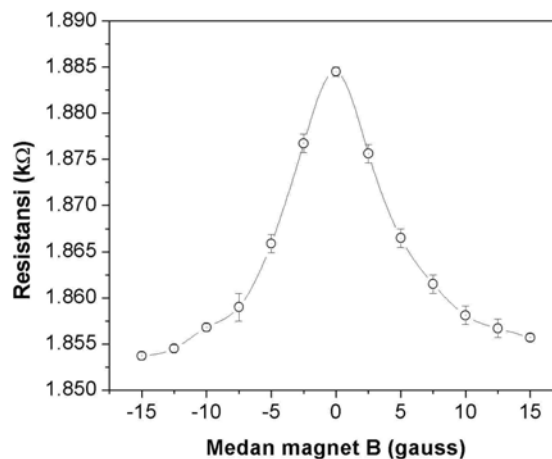
Gambar 3 dan 4 masing-masing menampilkan grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) pada saat deposisi sputtering dengan medan magnet luar masing-masing 150 gauss dan 300 gauss. Dari grafik tersebut teramati dengan jelas bahwa watak simetris dan nilai resistansi maksimum berada disekitar medan magnet $B=0$, yaitu pada $R = 11,254 \text{ k}\Omega$ dan $R = 1,8845 \text{ k}\Omega$. Keberadaan resistivitas magnet ini tidak dapat dipisahkan dari adanya ketidakteraturan spin dalam bahan tersebut yang berasal dari *exchange scattering*. Apabila dipasang medan magnet B, maka ketidakteraturan tersebut mulai berkurang sehingga resistansi yang terukur juga berkurang. Sumbangan nilai resistivitas magnetik akan

minimal pada saat spin-spin magnetik paling teratur atau searah. Dari Gambar 3 dan 4 terlihat dengan jelas menunjukkan bahwa nilai jenuh GMR pada saat medan magnet B masing-masing ± 10 gauss dan ± 15 gauss, keadaan ini terjadi mulai mengalami penurunan nilai resistansi dengan bertambahnya medan magnet B, artinya pada keadaan ini arah magnetisasi

telah searah dengan arah medan luar. Berdasarkan rumusan diatas, perhitungan nisbah GMR pada Gambar 3 dan 4 dengan luasan kurva dibatasi pada saat posisi medan magnet $B = \pm 5$ gauss, maka nilai nisbah GMR lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering yang diperoleh adalah 4,34 % dan 0,8 %.



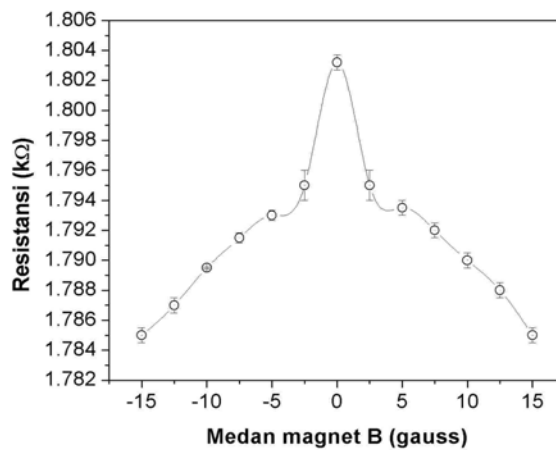
Gambar 3. Grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B pada cuplikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering dengan medan magnet luar 150 gauss pada kondisi optimum.



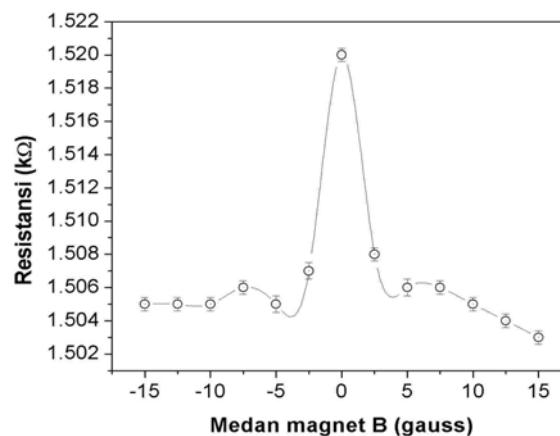
Gambar 4. Grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B pada cuplikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering dengan medan magnet luar 300 gauss pada kondisi optimum.

Pada Gambar 5 dan 6 masing-masing menampilkan grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) pada saat deposisi sputtering dengan medan magnet luar masing-masing 450 gauss dan 600 gauss. Dari grafik tersebut teramat dengan jelas bahwa watak simetris dan nilai resistansi maksimum berada disekitar medan magnet $B = 0$, yaitu pada $R = 1,803 \text{ k}\Omega$ dan $R = 1,52 \text{ k}$. Nilai resistansi yang mencapai maksi-

imum pada saat medan belum terpasang terjadi karena spin-spin elektron masih tidak teratur. Bila nilai medan magnet dinaikkan, spin-spin elektron yang menjadi sumber kemagnetan bahan akan lebih banyak yang searah dengan arah magnetisasi sehingga dengan bertambahnya medan magnet akan menambah kemagnetan bahan dan mengarahkan spin-spin elektron yang belum terarah.



Gambar 5. Grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B pada cuplikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering dengan medan magnet luar 450 gauss pada kondisi optimum.

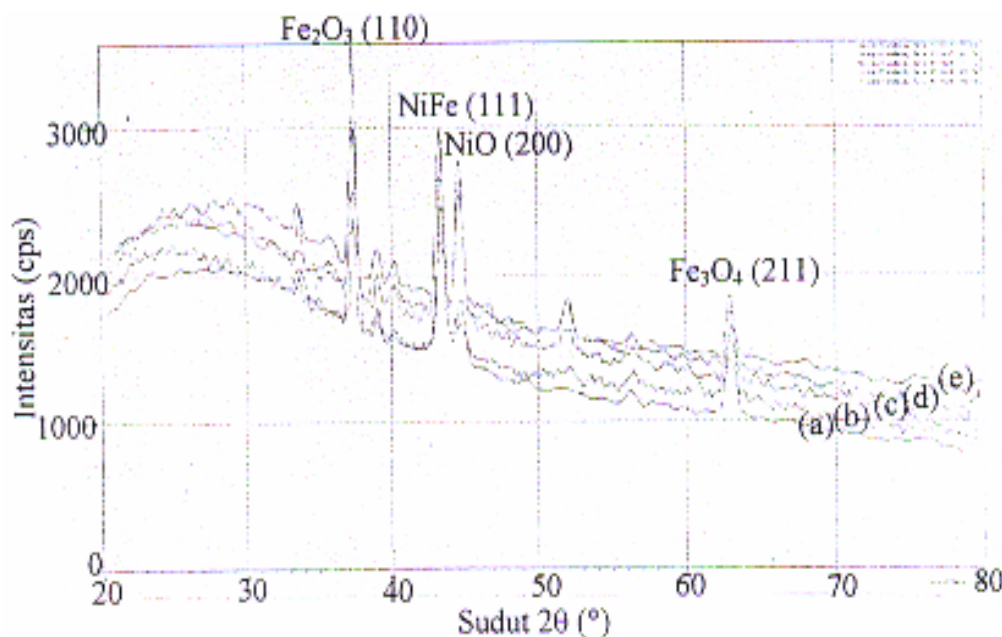


Gambar 6. Grafik perubahan nilai resistansi terhadap medan magnet B pada cuplikan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering dengan medan magnet luar 600 gauss pada kondisi optimum.

Dari Gambar 5 dan 6 terlihat dengan jelas menunjukkan bahwa nilai jenuh GMR adalah sama pada saat medan magnet $B = \pm 5$ gauss, keadaan ini terjadi mulai mengalami penurunan nilai resistansi dengan bertambahnya medan magnet B , artinya pada keadaan ini arah magnetisasi akan mengarah dengan arah medan luar. Perhitungan nisbah GMR menurut rumusan diatas pada Gambar 5 dan 6 dengan luasan kurva dibatasi pada saat posisi medan magnet $B = \pm 5$ gauss, maka nilai nisbah GMR lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering yang diperoleh adalah 0,2 % dan 0,9 %.

Pada Gambar 7 ditampilkan spektrum difraksi Sinar-X untuk lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering dengan variasi medan magnet luar 0; 150; 300; 450 dan 600 gauss. Dari gambar spektrum tersebut tampak bahwa struktur atom lapisan yang terbentuk berupa kristal yang ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak difraksi. Dalam spektrum struktur kristal terdapat dua jenis unsur yang dominan yang terkandung pada lapisan ini yaitu NiFe dan NiO.

Unsur NiFe dan NiO masing-masing mempunyai sifat feromagnet dan antiferomagnetik yang biasanya digunakan sebagai lapisan pengunci pada sensor berstruktur multilapisan karena dapat mengkopel lapisan feromagnet sehingga spin-spin lapisan feromagnet tidak dapat bergerak. Apabila jenis unsur ini berada dalam satu lapisan dengan unsur feromagnet, maka dapat menghambat gerak berputar spin-spin NiFe. Lapisan jenis ini akan berpengaruh jika digunakan untuk sensor medan magnet, sehingga sensornya menjadi kurang peka. Selanjutnya menurut sistem difraksi Bragg dan mengingat bahwa Ni dan Fe memiliki struktur atom jenis kubik, maka dapat diketahui bahwa struktur NiFe adalah (fcc) dengan arah pertumbuhan kristal (111) yang terjadi pada sudut difraksi sekitar $42,34^\circ$ dan untuk struktur NiO arah pertumbuhan kristalnya (200) yang terjadi pada sudut difraksi sekitar $43,55^\circ$. Untuk unsur yang lain yaitu Fe_2O_3 yang teramati pada sudut difraksi $36,28^\circ$ dan Fe_3O_4 yang teramati pada sudut difraksi $62,00^\circ$.



Gambar 7. Spektrum difraksi sinar-X lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil sputtering dengan variasi medan magnet luar a). 150 gauss; b). 0 gauss; c). 300 gauss; d). 450 gauss dan e). 600 gauss.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut di atas dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran nisbah GMR dapat diperoleh dua karakter pokok lapisan tipis magnetik ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$), yaitu watak simetris dan nilai resistansi maksimum di sekitar medan magnet $B = 0$.
2. Ketergantungan nilai resistansi bahan lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) terhadap medan magnet luar yang terpasang menunjukkan bahwa bahan tersebut cukup baik untuk bahan sensor medan magnet lemah.
3. Nilai nisbah GMR optimum terjadi pada lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil proses *sputtering* pada medan magnet luar 150 gauss yang besarnya 4,34 %.
4. Karakterisasi struktur kristal lapisan tipis ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) hasil proses *sputtering DC* diperoleh pertumbuhan kristal dengan arah (111) yang terjadi pada sudut difraksi sekitar $42,34^\circ$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] XIAO, J.Q., *et al.*, *Giant Magnetoresistance in Nonmultilayer Magnetic Systems*, Physical Review Letters, Vol. 68, No. 25 (1992) 3749-3752.
- [2] ENDO, J., *et al.*, *Measurement of Perpendicular Giant Magnetoresistance of Fe/Si Superlattice*, Appl. Phys. Lett. 72(4), Vol. 72, No. 4, 1998.
- [3] KRISHNAN, R., and TESSIER, M., *Fe-Ag Multilayers With Exceptionally High Magnetization and Faraday Rotation*, J. Appl. Phys. 67(9), 1990.
- [4] WENDONG WANG, *et al.*, *Nanoparticle Morphology In A Granular Cu-Co Alloy With Giant Magnetoresistance*, Appl. Phys. Lett. Vol. 72, No. 9, 1998.
- [5] FUIDIKI, A., *et al.*, *Structural and Magnetic Properties of the Ti/Fe Multilayers*, J. Appl. Phys. Vol. 84, No. 6, 1998.
- [6] RIJKS, G.S.M., *Layered Thin Film Applications Magnetoresistance and Magnetic*

Interactions, Eindhoven Technology University, The Netherland, 1996.

- [7] KUBINSKI, D.J., *et al.*, *Structure and Giant Magnetoresistance of Granular Ag-Co and Ag-Ni Alloys Grown Epitaxially on MgO(100)*, J. Appl. Phys. 77(2), 1995, 782-789.
- [8] FUJIMORI, H., *et al.*, *Giant Magnetoresistance in Insulating Granular Films and Planar Tunneling Junctions*, Materials Science and Engineering A267, 1999, 184-192.
- [9] CHIANG, W.C. *et al.*, *Effect of Sputtering Pressure on the Structure and Current-Perpendicular to the Plane Magneto-transport of Co/Ag Multilayered Films*, Physical Review B, Vol. 58, N. 9, 1998, 5602-5607.

TANYA JAWAB

Subarkah

- Apakah ukuran cuplikan mempengaruhi kuat medan yang harus digunakan untuk pengamatan efek GMR.

Wirjoadi

- Ukuran cuplikan mungkin tidak akan mempengaruhi kuat medan untuk pengamatan efek GMR

Sayono

- Mohon diberikan contoh-contoh bahan yang memberikan efek GMR dengan nisbah cukup besar.
- Apakah hasil GMR juga peka terhadap induksi radiasi elektromagnet?

Wirjoadi

- Contoh bahan yang memberikan efek GMR dengan nisbah cukup besar adalah menurut data yang ada pada kami baru beberapa saja yaitu lapisan multi Fe-Cr, Co-Cu dan Cu-Ag.
- Hasil GMR kemungkinan tidak peka terhadap induksi radiasi elektromagnet.