EFEK RESISTANSI DAN GMR DARI *PERMALLOY* ($Ni_{80}Fe_{20}$) YANG DIDEPOSISIKAN PADA SUBSTRAT GELAS DENGAN VARIASI SUHU

Moh. Toifur[1], Sugiyanto[1], Sujatmoko[2], Tono Wibowo[2]
[1]Pusat Studi Fisika Terapan (Pusfit) Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Kapas No. 9 Semaki Yogyakarta, Telp. (0274) 563515
[2]P3TM BATAN Yogyakarta

ABSTRAK

EFEK RESISTANSI DAN GMR DARI *PERMALLOY* ($Ni_{80}Fe_{20}$) YANG DIDEPOSISIKAN PADA SUBSTRAT GELAS DENGAN VARIASI SUHU. Telah dilakukan deposisi *permalloy* ($Ni_{80}Fe_{20}$) di atas substrat gelas dengan variasi suhu substrat yang bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya pada resistansi dan efek GMR lapisan. Pelapisan dilakukan dengan mesin *dc sputtering* yang dilengkapi dengan pengatur tekanan vakum, tekanan gas *sputtering* serta pengendali suhu. Sebagai *sputtering* gas-nya digunakan gas argon. Karakterisasi resistansi dilakukan dengan metoda probe empat titik dibawah pengaruh medan magnet luar yang diatur dari 0 sampai 150 gauss. Dari hasil analisis komposisi unsur deposit menggunakan XRF diketahui bahwa deposit mengandung unsur Ni dan Fe yang sama dengan unsur-unsur target dengan perbandingan 4:1. Dari uji resistansi dibawah pengaruh medan magnet diperoleh hasil bahwa suhu substrat memberikan pengaruh terhadap resistansi dan efek GMR lapisan tipis *permalloy* hal mana sangat terkait dengan profil struktur mikro substrat serta adanya defek kristal dan impuritas, namun medan magnetisasi tidak memberi pengaruh pada kedua parameter tersebut. Nilai resistansi terbesar adalah $(104739{,}00 \pm 1{,}04)' 10^{-3}$ ohm yang diperoleh pada suhu deposisi 400°C sedang efek GMR terbesar adalah 0,304% diperoleh pada suhu deposisi 300°C hal mana sesuai dengan lapisan tipis temuan Pool yaitu 0,3%.

Kata kunci : Magnetoresistansi raksasa, *permalloy*, *sputtering*, metoda probe empat titik, XRF.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF DEPOSITING PERMALLOY ($Ni_{80}Fe_{20}$) ON GLASS SUBSTRATE WITH DEFFERENT TEMPERATURES TO THE RESISTANCE AND GMR. Deposition of permalloy ($Ni_{80}Fe_{20}$) on a glass substrate with varied temperature have been done to investigate its effect to the resistance and GMR ratio. Deposition was prepared with dc sputtering machine using argon as a sputtering gas. The samples were characterized by XRF technique to check their composition and by four-point probe to obtain their resistance. Characterization of resistance had been done in the environment of magnetic fields ranging from 0 to 150 gauss. From the data of resistance versus magnetic field, the GMR ratio was deduced. The XRF results show that the deposits contain both Ni and Fe elements with the same as the target with the ratio of comparison 4 to1. From the resistance testing under magnetic field that both, the resistance and GMR ratio of permalloy thin film depend on substrate temperature, which is associated to the microstructure profile of the substrate, the existence of crystal defects and impurities of permalloy thin film, but no effect from magnetization field can be risen to the both parameters. The highest resistance was $(104739{,}00 \pm 1{,}04)' 10^{-3}$ ohm on substrate temperature of 400°C. While the highest GMR ratio was 0,304% on substrate temperature of 300°C which is in agreement with the result on monolayer film, i.e. 0,3% found by Pool.

Key word : Giant magnetoresistance, permalloy, sputtering, four point probe method, XRF.

PENDAHULUAN

Telah banyak peneliti yang meneliti mengenai magnetoresistansi *thin film* pada berbagai bahan dengan melakukan variasi terhadap tebal lapisan, suhu, morfologi *interface* serta hamburan oleh ketakmurnian (*impurity*) sehingga dari waktu ke waktu diperoleh peningkatan efek GMR (*giant magnetoresistance*, magnetoresistansi raksasa) dari bahan tersebut[3]. Sampai saat ini masih diyakini bahwa besarnya efek magnetoresistansi masih tergantung pada tingkat polarisasi elektron konduksi. Diantara bahan yang telah terbukti dapat menampilkan efek magnetoresistansi yang tinggi adalah *permalloy* yaitu salah satu bahan hasil paduan nikel dan besi dengan perbandingan 80 terhadap 20 yang memiliki sifat ferromagnetik yang sangat potesial untuk bahan perekam magnetik[13]. Jika *permalloy* dibuat dalam bentuk *thin film* maka akan diperoleh domain magnetik tunggal (*single*

Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 7 - 12
ISSN : 1411-1098

domain) sehingga jika dimagnetisasi dari luar maka akan diperoleh spin-spin dengan orientasi searah sehingga membantu memperbesar magnetisasi bahan.

Untuk mengetahui ukuran kepekaan *thin film* dalam lingkungan medan magnet biasanya dilihat dari efek GMR nya, yang dinyatakan dengan rasio GMR. Sampai saat ini rasio GMR terbesar yang pernah dicapai 220 % yaitu pada multilapis Fe/Cr yang diukur pada 1,5 K, sedang pada suhu ruang rasio GMR terbesar diukur pada multilapis Co/Cu yaitu 65%. Di luar nilai tersebut multilapis dianggap sudah tak layak digunakan sebagai *head* pembaca karena untuk mengendalikan magnetisasi arah paralel dan antiparalel diperlukan medan magnet yang cukup besar sehingga jika digunakan medan yang kecil tidak diperoleh perubahan yang cukup berarti pada resistivitasnya[10].

NiFe merupakan paduan yang sangat potensial untuk dijadikan sensor magnetik karena merupakan ferromagnetik yang ditandai dengan adanya sejumlah momen magnetik yang ditimbulkan oleh elektron-elektron tak berpasangan pada kulit 3d yang secara individual Ni dan Fe masing-masing memiliki 4 dan 2 elektron. Sementara ini diketahui bahwa beberapa fungsi dari Ni dipadukan dengan Fe diantaranya Ni dapat mengurangi kadar karbon yang terlarut dalam bahan, selain itu Ni juga dapat meniadakan regangan serta berperan dalam mengendalikan besarnya butir, perbedaan orientasi antar butir dan kehadiran bahan nonmagnetik[12].

Suhu substrat merupakan parameter yang turut mempengaruhi besarnya efek GMR[13] karena dapat memberi tenaga aktivasi termal pada atom-atom substrat sehingga memudahkan atom-atom tersebut bergerak atau bergetar menghasilkan celah dan sebagai akibatnya atom-atom deposit akan mudah masuk ke dalam celah-celah antar atom-atom substrat tersebut. Besar kecilnya suhu juga mempengaruhi jumlah maupun ukuran celah sehingga struktur deposit yang masuk juga menjadi bermacam-macam diantaranya jika suhu tidak terlalu besar maka dapat terbentuk lapisan di atas permukaan walaupun ikatan antara atom-atom deposit dengan atom-atom di permukaan substrat lemah. Jika diperbesar lagi maka akan timbul struktur seperti pulau-pulau (*islands*). Kedua kasus tersebut terkait dengan fenomena tegangan (*strain*) antara atom-atom substrat dan atom-atom deposit.

Pada penelitian ini akan diteliti resistansi dan efek GMR dari *permalloy* () yang dideposisikan pada substrat gelas dengan variasi suhu substrat. Selain itu juga akan diteliti komposisi unsur-unsur yang terdapat pada deposit dengan teknik XRF (*X-Ray Fluoresence*).

TEORI

Struktur Kristal Besi dan Nikel

Secara individual besi dan nikel masing-masing memiliki struktur bcc dan fcc dan dalam bahan jumlah spin yang tak berpasangan dalam bentuk material masing-masing 2,22 dan 0,606[1]. Sumbu mudah (*easy axis*) besi pada arah[100] dan sumbu sulitnya (*hard axis*) pada arah [111], sumbu mudah nikel pada [110] dan sumbu sulitnya pada arah [100]. Sifat sumbu mudah jika dimagnetisasi ke arah ini dengan medan luar yang kecil saja maka akan segera dihasilkan magnetisasi spontan. Besarnya momen magnet masing-masing samadengan jumlah elektron yang tak berpasangan dikalikan dengan magneton Bohr. Menurut Dieny dkk. paduan NiFe cenderung memiliki struktur fcc[3] dengan arah pertumbuhan kristalnya sejajar bidang [111][2, 5]. Hal ini dapat diketahui dari lapisan NiFe yang dipasangkan dengan Co secara berselang-seling sehingga terbentuk multilapis (*multilayers*) dimana Co telah diketahui memiliki struktur fcc, ternyata memiliki efek GMR yang lebih besar dibandingkan dengan NiFe yang dipasangkan dengan Cu yang telah diketahui memiliki struktur bcc. Alasan ini dapat dipahami karena telah menjadi isu umum bahwa pada pemasangan multilapis beberapa lapis *thin film* jika struktur antara bahan yang dilapisi dengan bahan yang dilapiskan sama maka akan dihasilkan efek GMR yang lebih besar dibandingkan dengan pemasangan multilapis dengan struktur yang berbeda.

Pengukuran Resistansi dalam Pengaruh Medan Magnet

Sebagaimana dikemukakan dalam pendahuluan bahwa penggunaan variasi medan magnet pada saat pengukuran resistansi diperlukan untuk mengetahui besarnya efek GMR suatu bahan. Efek GMR dinyatakan dengan rasio GMR yang dapat dituliskan sebagai[2, 7, 10, 11]:

$$\text{Efek GMR} = \frac{\Delta R}{R(0)} = \frac{R(0) - R(H)}{R(0)} \qquad (1)$$

dengan $R(H)$ adalah resistansi pada intensitas medan H dan $R(0)$ adalah resistansi pada medan nol.

Sebelum digunakan medan magnet maka orientasi spin-spin magnetik pada *thin film* adalah acak dengan energi kinetik minimum, karena semua spin-spin elektron berada dalam keadaan setimbang karena adanya potensial interaksi Coulomb dan tunduk pada prinsip eksklusi Pauli. Dalam keadaan demikian yaitu keadaan tanpa medan jika dialiri arus listrik diharapkan resistansinya besar. Semakin tebal lapisan maka semakin besar potensial interaksi Coulombnya dan demikian pula sebaliknya. Oleh karena itu pemakaian medan magnet pada sampel satu lapis (*monolayer*) juga dapat diartikan sebagai usaha untuk memperoleh *thin film* yang memiliki domain tunggal yaitu kesearahan spin-spin magnetik sehingga akan memperkecil resistansinya. Pool menyatakan bahwa GMR yang dihasilkan pada sampel satu lapis besarnya hanya 0,3%[9] dan secara kasar efek GMR dapat dinyatakan secara sederhana sebagai:

$$\Delta R/R(0) \sim (n\text{-}1)/n \quad (2)$$

dengan n jumlah lapisan. Jadi misal untuk 1 lapisan dengan (n = 1) maka efek GMR akan mendekati nol. Walaupun kenyataan sesungguhnya tidak persis samadengan nol, namun paling tidak rumus tersebut dapat memberi pemahaman bahwa untuk *monolayer* tidak terlalu banyak bisa diharapkan memiliki efek GMR yang besar.

METODA

Persiapan

Disiapkan kaca preparat dengan ukuran 1 x 2 cm^2 yang akan digunakan sebagai substrat, dibersihkan dengan air, deterjen serta *ultrasonic cleaner* dan alkohol selama 30 menit. Setelah itu substrat diangkat dan dikeringkan menggunakan *hair dryer*. Gas yang digunakan untuk mensputter atom-atom adalah gas argon teknis. Selain itu juga disiapkan target NiFe dengan f = 6 cm serta tebal 3 cm.

Percobaan

Pendeposisian lapisan tipis NiFe pada substrat gelas dilakukan dengan prosedur berikut:

1. Substrat dimasukkan di dalam tabung lucutan dan diletakkan di bawah anoda dan target diletakkan di atas katoda, kemudian jarak katoda dan anoda diatur 3 cm.
2. Tabung reaktor plasma dihampakan hingga mencapai tekanan 10^{-6} torr.
3. Sistem pemanas substrat dihidupkan dan diatur sesuai dengan suhu yang diinginkan yaitu 200°C, 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C.
4. *Sputtering gas* (gas Ar) dialirkan hingga mencapai tekanan kerja 10^{-2} torr dengan memutar kran aliran gas.
5. Menghidupkan sistem catu daya DC hingga gas argon dalam tabung terionisasi dengan memutar pengatur daya sesuai dengan daya kerja 60 watt.
6. Menghidupkan sistem pendingin untuk mendinginkan target (katoda).
7. Proses deposisi dilakukan dalam waktu 10 menit.
8. Mengulangi prosedur di atas untuk sampel yang lain.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis sebagai berikut:

1. *Pengamatan unsur deposit.* Untuk meyakinkan bahwa target yang disputter benar-benar telah terdeposit ke substrat maka dianalisis menggunakan XRF (*X-Ray Fluoresence*). Dari alat ini dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur yang terdeposit pada substrat gelas. Hasil yang diperoleh berupa jenis unsur dan kadarnya dalam suatu bahan.
2. *Pengamatan Resistansi.* Untuk menentukan besarnya resistansi lapisan yang diperoleh digunakan metode probe 4 titik (*four point probe*). Nilai resistansi ditampilkan dengan alat multimeter digital yang mempunyai ketelitian hingga 5 angka desimal sedang medan magnet divariasi mulai dari 0 sampai 150 gauss. Untuk keperlu analisis maka dibuat grafik resistansi terhadap medan magnet. Dari grafik ini dapat diketahui sampel yang memiliki resistansi terbesar pada medan nol.
3. *Efek GMR.* Efek GMR ditentukan dengan menggunakan pers. (1). Dari nilai rasio GMR yang diperoleh diplot grafik rasio GMR terhadap medan magnet. Dari grafik ini dapat diperoleh informasi mengenai bahan yang memiliki efek GMR tertinggi dan posisi medan magnet yang memberikan nilai tersebut, karena belum tentu nilai GMR yang tertinggi diperoleh pada medan nol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji XRF

Hasil karakterisasi unsur-unsur deposit dengan menggunakan teknik XRF ditampilkan pada Tabel 1. Dari kolom 4 dapat diketahui bahwa substrat benar-benar telah terdeposisi dengan bahan yang sama dengan bahan targetnya yaitu Ni dan Fe yang dapat dilihat dari seluruh spektrum tenaga hasil XRF pada semua sampel yaitu sebesar 6,40 keV untuk Fe dan 7,47 keV untuk Ni. Sampel tersebut dicacah dalam waktu 1500 detik. Selain itu pada kolom 3 juga ditunjukkan cacah dari masing-masing unsur yang diperoleh dari pencacahan luas puncak spektrumnya. Secara umum dapat disimpulkan bahwa perbandingan kandungan Ni dan Fe adalah 4 banding 1. Hal ini sekaligus membenarkan harapan bahwa bahan yang terdeposit adalah benar-benar *permalloy* mengingat *alloy* yang berasal dari Ni dan Fe cukup banyak variasi. Secara garis besar ada tiga tipe yaitu tipe A, B dan C,

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan Unsur Deposit NiFe pada Substrat Gelas

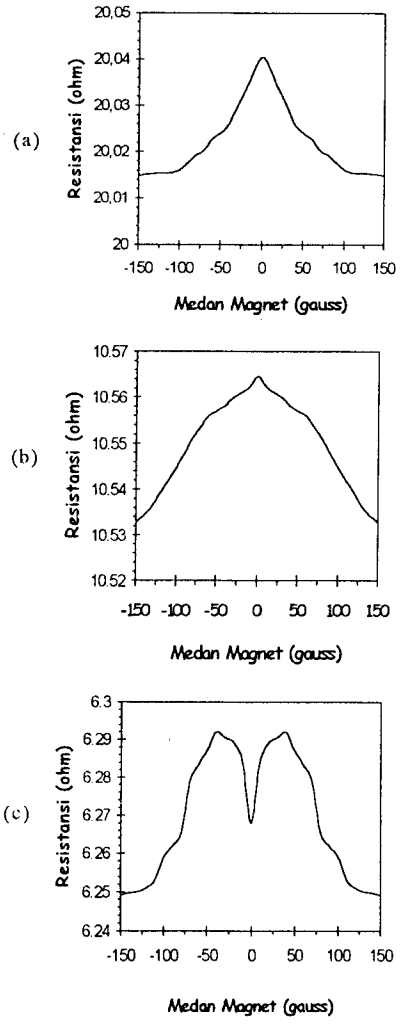
No	Suhu Substrat (°C)	Cacah	Tenaga (keV)
1	200	Net Fe = 34 Net Ni = 129 Fe : Ni = 1 : 3,79	Fe : 6,40 Ni : 7,47
2	250	Net Fe = 39 Net Ni = 145 Fe : Ni = 1 : 3,72	Fe : 6,40 Ni : 7,47
3	300	Net Fe = 54 Net Ni = 202 Fe : Ni = 1 : 3,74	Fe : 6,40 Ni : 7,47
4	350	Net Fe = 52 Net Ni = 160 Fe : Ni = 1 : 3,07	Fe : 6,40 Ni : 7,47
5	400	Net Fe = 71 Net Ni = 298 Fe : Ni = 1 : 4,16	Fe : 6,40 Ni : 7,47

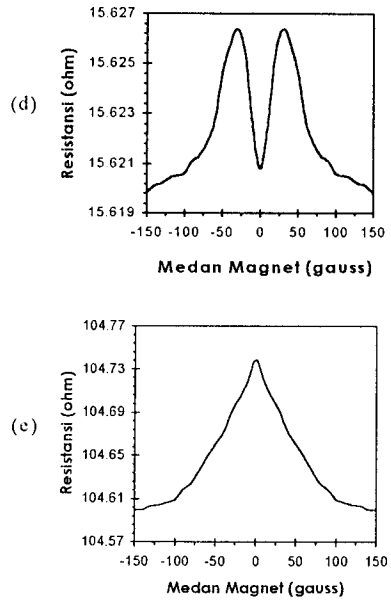
Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 7 - 12
ISSN : 1411-1098

antara masing-masing tipe dibedakan berdasarkan unsur lain yang dipadukan pada NiFe sehingga dihasilkan nama, komposisi sifat kelistrikan dan kemagnetan yang berbeda. Jika dikehendaki penamaan yang lebih khusus lagi maka *permalloy* yang terdeposit berasal dari *permalloy* tipe A dengan kriteria kandungan Ni: 78, % dan Fe: 21,5%[1].

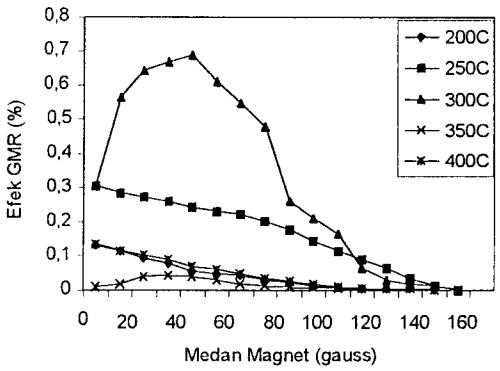
Hasil Uji Resistansi dan Efek GMR terhadap Medan Luar pada Berbagai Suhu

Hasil uji resistansi terhadap medan luar pada berbagai suhu ditampilkan pada Gambar 1. Selanjutnya untuk memudahkan melakukan analisis terhadap efek magnetoresistansinya maka pada Gambar 2 ditampilkan grafik efek GMR terhadap medan luar. Secara umum dari kedua jenis gambar tersebut tampak bahwa medan magnet ternyata memberikan pengaruh pada resistansi lapisan. Dari Gambar 1(a), (b) dan (c) yaitu substrat yang dipanaskan pada suhu 200°C, 250°C dan 400°C dapat diketahui bahwa puncak resistansi berada pada medan nol dengan nilai masing-masing (2040,38±0,10)× ohm, (10564,51 ± 0,17) × 10^{-3} ohm, (10473,92 ± 1,04) × 10^{-3} ohm sedang dari Gambar 1(c) dan (d) yaitu substrat yang dipanaskan pada suhu 300°C dan 350°C dapat





Gambar 1. Grafik resistansi *thin film* NiFe vs medan magnet untuk suhu deposisi:
(a) 200°C , (b) 250°C, (c) 300°C, (d) 350°C dan (e) 400°C.

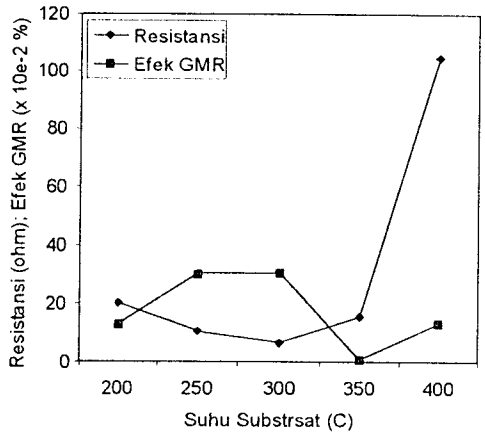


Gambar 2. Grafik efek GMR lapisan tipis *permalloy* terhadap variasi medan magnet pada berbagai suhu deposisi.

diketahui bahwa puncak resistansi berada pada medan masing-masing 40 dan 30 gauss dengan nilai masing-masing (6267,99±0,01)×10^{-3}ohm dan (15620,80± 0,05) ohm.

Untuk mengamati profil efek GMR serta resistansi pada berbagai suhu deposisi yang diukur pada medan nol dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar ini dapat diketahui bahwa resistansi memiliki kecenderungan turun sampai suhu 300°C dan kemudian naik secara drastis pada suhu 400°C dengan resistansi sebesar yaitu (104739,00 ± 1,04)× 10^{-3} ohm. Pada kasus pertama yaitu grafik yang cenderung memiliki resistansi turun menunjukkan semakin diperbesar suhu deposisi maka sumber-sumber hamburan elektron semakin sedikit. Diperkirakan hamburan yang berasal dari fonon (getaran kekisi) tidak mengubah sumbangan resistansi mengingat yang dipanaskan adalah substratnya dan bukan lapisan

tipisnya. Maka dua sumber lain yang diperkirakan terlibat dalam mengurangi resistansi yaitu *impurity* (ketakmurnian) dan *defect* (cacat kristal). Pemanasan sampai suhu 300°C menyebabkan ketakmurnian semakin



Gambar 3. Grafik Resistansi vs suhu deposisi pada medan nol

berkurang, selain itu cacat-cacat kristal seperti vakansi, *interstitial* dan dislokasi (Dekker, 1957). Dengan berkurangnya kedua sumber hamburan elektron maka resistansi bahan akan semakin berkurang.

Selanjutnya untuk *permalloy* yang dideposisi pada suhu 300°C sampai 400°C memiliki resistansi yang cenderung naik. Menurut Pool tingginya nilai resistansi ini disebabkan pemberian suhu yang tinggi pada substrat saat deposisi sehingga bahan deposit akan mendifusi ke substrat melalui celah-celah antar atom substrat sehingga terjadi kombinasi antara atom-atom deposit dan atom-atom substrat[9]. Sebenarnya hal ini akan lebih jelas lagi jika difoto dengan SEM tampang lintang sehingga tampak adanya *interface* pada ketebalan tertentu. Sayangnya pekerjaan ini tidak peneliti lakukan padahal *interface* ini merupakan sumber hamburan elektron yang akan menambah nilai resistansi bahkan kadang-kadang melebihi resistansi yang diperkirakan. Hal ini disebabkan karena pada *interface* terdapat strain[6] sehingga jarak bebas rata-rata elektron menjadi semakin pendek (λ_{int}). Selain itu dengan adanya difusi sebagian atom deposit ke substrat maka tebal lapisan di atas permukaan substrat menjadi semakin berkurang. Menurut teori GMR resistansi akan semakin besar sejalan dengan berkurangnya ketebalan suatu bahan. Dengan demikian maka di sini ada dua jenis λ yaitu λ_{NiFe} dan λ_{int} dan karena kedua bahan terhubung maka merupakan penjumlahan antara (λ_{NiFe}) dan λ_{int}

Untuk *permalloy* yang dideposisikan pada substrat yang dipanaskan pada suhu 300°C memiliki efek GMR yang terbesar walaupun resistansinya paling kecil diantara sampel-sampel yang lain yaitu (6267,90±0,15)$\times 10^{-3}$ ohm. Kenyataan akan adanya resistansi pada medan nol yang kecil menunjukkan berkurangnya *impurity* dan *defect* kristal seperti telah dijelaskan di atas. Selanjutnya dari efek GMR seperti ditunjukkan pada Gambar 1(b), maka sampel yang dipanaskan pada suhu 300°C memiliki titik puncak yang jelas dan memiliki efek GMR paling besar yaitu mencapai 0, 304% pada medan nol. Nilai ini sudah lebih besar dari hasil yang dilaporkan oleh Pool untuk GMR pada monolayer yaitu hanya 0,3 %[9]. Suatu hal yang cukup penting untuk dicermati adalah dugaan tentang kebenaran analisis rendahnya resistansi di atas sehingga pada kasus tingginya efek GMR ini penyebab utamanya adalah orientasi spin-spin magnetik. Dalam GMR hanya dikenal dua keadaan spin saja yaitu *spin up* dan *spin down*. Pemberian medan dapat diartikan sebagai usaha untuk menciptakan perbedaan yang mencolok antara jumlah *spin up* (spin yang searah dengan medan) dan *spin down* (spin yang berlawanan arah medan). Selanjutnya walaupun orientasi spin-spin magnetik untuk *permalloy* yang dideposisi dengan suhu deposisi 300°C ini memiliki nilai terbesar diantara sampel-sampel yang lain namun ternyata perbedaan jumlah orientasi *spin up* dan *spin down* tersebut belum maksimal. Terbukti dengan pemberian medan luar sebesar 40 gauss masih mampu menambah perbedaan jumlah kedua spin diperoleh rasio GMR sebesar 0,684%. Pool juga menjelaskan mengenai pengaruh pemanasan substrat pada ikatan antara atom-atom deposit dengan substrat yaitu pemanasan substrat pada suhu 310°C akan mempermudah ikatan antara atom-atom deposit dengan atom-atom substrat sehingga akan mengurangi strain atom-atom permukaan substrat[9]. Oleh karena itu pemanasan substrat pada suhu 300°C (mendekati 310°C) memiliki keadaan seperti yang dijelaskan oleh Pool ini. Selain itu pemanasan sampai suhu ini diduga belum sampai mendifusikan atom-atom *permalloy* ke struktur substrat sehingga dapat terbentuk lapisan yang baik sesuai dengan yang dinyatakan oleh Ohring yaitu lapisan yang dalam penampakannya seperti membasahi permukaan. Dalam keadaan ini terpenuhi syarat[8]:

$$\gamma_{su} = \gamma_{fu} + \gamma_{fs} \qquad (3)$$

dengan , dan masing-masing adalah tegangan permukaan substrat-udara, film-substrat dan udara-film. Dimungkinkan pula telah terbentuk lapisan yang ideal (*autoepitaksi*) yaitu jika = 0 yang dicapai jika struktur substrat dengan deposit sama.

Untuk sampel selain yang dideposisi dengan suhu deposisi 300°C [Gb. 1(b)] tampak efek GMR terhadap medan berbentuk landai dan tidak menampakkan puncak yang menonjol seperti sampel yang dideposisi dengan suhu 300°C. Sampel-sampel jenis ini hanya memiliki respon yang lemah terhadap perubahan medan magnet. Tentu saja jenis sampel yang demikian tidak menguntungkan untuk didayagunakan sebagai bahan dasar sensor magnetik. Selanjutnya penyerahan orientasi spin-spin magnetik yang paling teratur dapat diketahui dari magnetisasi jenuh (*saturation field*). Secara umum magnetisasi jenuh dicapai pada harga 100 gauss kecuali untuk sampel yang dideposisi dengan suhu deposisi 200°C dimana besarnya magnetissi jenuh belum dapat

Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 7 - 12
ISSN : 1411-1098

diperkirakan karena sampai pada medan 150 gauss grafik masih cenderung turun. Untuk bahan yang memiliki profil GMR yang ideal dicirikan dengan ketinggian efek GMR serta kecilnya medan jenuh. Oleh sebab itu pemilihan sampel yang unggul diantara 5 jenis sampel pada penelitian ini masih belum dapat ditentukan karena masing-masing masih menampakkan medan jenuh yang relatif sama.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan di atas maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Suhu substrat memberikan pengaruh terhadap resistansi dan efek GMR lapisan tipis *permalloy*.
2. Pada deposisi yang disertai dengan pengaturan suhu substrat diperoleh resistansi lapisan yang cenderung turun pada suhu dibawah 300°C dan cenderung naik pada suhu di atas 300°C. Diduga turunnya nilai resistansi lapisan pada kasus yang pertama disebabkan oleh berkurangnya *impurity* dan *defect* kristal sedang pada kasus yang kedua didominasi oleh suhu. Resistansi lapisan yang terbesar diperoleh untuk substrat yang dipanaskan pada suhu 400°C dan efek GMR lapisan yang terbesar diperoleh untuk substrat yang dipanaskan pada suhu 300°C.
3. Medan magnetisasi jenuh yang diperlukan untuk menyearahkan spin-spin magnetik secara umum belum dipengaruhi oleh suhu substrat.

DAFTAR ACUAN

[1] BRAILSFORD, F., . *Magnetic Materials,* Methuen & Co. LTD, London (1954).

[2] BUDI PURNAMA. dan KAMSUL ABRAHA, *"Analisis Gejala Magnetoresistansi Lapisan Tipis $Ni_{80}Fe_{20}$ Hasil Deposisi Sputtering", Prosiding Pertemuan Ilmiah HFI XVII Cab. Jateng & DIY,* (1997) 61.

[3] CHAIKEN, A., GUTIERREZ, C.J., KREBS, J.J., PRINZ and G.A, *J. Magn. Magn. Matls.* **125** (1993) 228.

[4] DEKKER, A.J., *Solid State Physics*, Prentice-Hall Inc., New York, (1957).

[5] FAHRU NUR RASYID dan KAMSUL ABRAHA, *"Pembuatan dan Karakterisasi Permalloy $Ni_{80}Fe_{20}$ sebagai Bahan Sensor Magnetoresistif", Prosiding Pertemuan Ilmiah HFI XVII Cab. Jateng & DIY,* (1997) 49.

[6] HOWSON, M.A., *Contemporary Physics*, **35,** 5 (1994) 347.

[7] HYLTON, T.L., COFFEY, K.R., PARKER, M.A. and HOWARD, J.K., *Science, 261* **(1993)** 1021.

[8] OHRING, M., *The Materials Science of Thin Films*, Academic Press Inc., New York, (1992).

[9] POOL, R., *Science,* **261** (1993), 984.

[10] RIJKS, Th.G.S.M., 1996, "Layered Thin Films for Sensor Applications: Magneto-resistance and Magnetic Interactions", *Ph.D Thesis*, Eindhoven University of Technology.

[11] SHEN H.L., SHEN, Q.W., YAN, J.S., SHEN, D.F. and ZOU, S.C., *Solid State Communications*, **105,** 11 (1998) 705.

[12] SMALLMAN, *Metalurgi Fisik Modern*, PT. Gramedia, Jakarta , (1991).

[13] YAN, M.L., SELLMYER, D.J. dan LAI, W.Y., *J. Phys. Condens. Matter.*, **9**, 10, (1997) 145.

[14] ZELSTER, A. M. and SMITH N., *J. Appl. Physic.* **79**, 12 (1996).

TANYA - JAWAB

Nama Penanya : **Saryati** (P3IB)
Pertanyaan :

Bagaimana membaca gambar 1-5. Mengapa gambar grafik terlihat seperti terjadi siklus yang berulang.

Jawaban :

Gambar 1 merupakan grafik resistansi (R) terhadap medan magnet (H) untuk berbagai suhu substrat. Pola tampak berulang dari gambar 1a-e (seperti a lagi) sebanarnya tidak, karena orde besar sumbu Y (efek GMR) antara masing-masing gambar berbeda. Rangkuman nilai R pada H = 0 disajikan pada gambar 2. Grafik gambar 1c dan d yang tampak ada lembahnya pada H = 0 terkait dengan ORDERING (pengaturan) orientasi spin elektron. Diperkirakan awalnya arah spin searah/ paralel namun berlawanan dengan arah medan, kemudian dengan H diperbesar maka spin-spin antiparalel (R besar) dan jika H diperbesar lagi maka spin-spin akan menuju ke formasi searah (R kecil).

Nama Penanya : **Y. Yamaguchi**
Pertanyaan :

I expect a larger change of magneto-resistance by making bi-layered thin film

Jawaban :

This equipment only possible to facilifate an experiment for monolayer. For bilayer, there is aproblem concerning to removing a target with another target i.e: Oxidation of deposit, but I want to minimize this with use NiO as the second layer, so there is no problem with existing oxidation.