



Pengaruh Jumlah Multilapisan $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ Terhadap Efek Magnetoimpedansi Pada Kawat Cu Hasil Elektrodeposisi

Ismail¹, B. Anggit Wicaksono², Nuryani³, Budi Purnama⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A Jebres Surakarta 57126

E-mail : ismail@student.uns.ac.id¹, wicakgitya@gmail.com², nuryani@mipa.uns.ac.id³, bpurnama@mipa.uns.ac.id⁴

Abstrak

Efek magnetoimpedansi pada kawat tembaga yang dideposisi dengan lapisan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}$ telah berhasil diamati. Pengukuran dilakukan pada frekuensi rendah (20 – 100 kHz) dengan variasi jumlah lapisan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}$. Hasil pengukuran menunjukkan rasio magnetoimpedansi meningkat secara signifikan dari 6,4% menjadi 50% dengan peningkatan jumlah lapisan dari $N = 1$ hingga $N = 3$. Hasil pengukuran juga menunjukkan sensitifitas terhadap medan juga meningkat 20 kali lipat dengan peningkatan jumlah lapisan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}$.

Kata kunci : Magnetoimpedansi, multi lapisan, sensitifitas medan, frekuensi rendah.

1. Pendahuluan

Efek magnetoimpedansi adalah variasi impedansi pada bahan ferromagnetik yang disebabkan oleh perubahan *skin depth* ketika dialiri arus AC dan diinduksi medan magnetik luar (Cortes *et al.*, 2015). Pada lapisan tipis, *skin depth* dipengaruhi oleh permeabilitas magnetik yang dinyatakan dengan

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi \mu \sigma f}} \quad (1)$$

dengan σ adalah konduktivitas bahan, μ adalah permeabilitas magnetik bahan dan f adalah frekuensi arus listrik AC yang mengalir pada bahan (Mishra *et al.*, 2011).

Kajian tentang efek magnetoimpedansi ini dimanfaatkan untuk pembuatan sensor magnetik. Sensor magnet berbasis MI memiliki keunggulan yaitu dapat dioperasikan pada suhu ruang, sensitifitas tinggi, stabilitas termal tinggi, berat yang ringan, dan konsumsi daya rendah (Tung *et al.*, 2014).

Secara umum, impedansi bahan disumbang oleh reaktansi induktif dan resistansi dari kawat (Barandiaran *et al.*, 2002). Untuk keperluan aplikasi sensor magnet pada frekuensi rendah, contoh kawat hasil elektrodeposisi lapisan magnetik yang digunakan seperti *permalloy* NiFe, NiFeRu, NiFeMo, CoP, dan CoNiFe. Hal ini karena adanya permeabilitas *circumferential* (Phan & Peng, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan lapisan magnetik *permalloy* $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ dan lapisan Cu pada kawat hasil

elektrodeposisi terhadap rasio magnetoimpedansi dan sensitifitas medan pada frekuensi rendah.

2. Pembahasan

2.1. Metode

Pada penelitian ini, metode elektrodeposisi digunakan pada deposisi sampel dengan platina sebagai electrode dan kawat tembaga berdiameter 500 μm dan panjang 2 cm sebagai substrat. Kawat tembaga ini dideposisi dengan lapisan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ dengan laju deposisi 2 nm/s selama 400 detik dan lapisan Cu dideposisi dengan laju deposisi 6 nm/s selama 50 detik, sehingga ketebalan lapisan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 800 nm dan ketebalan lapisan Cu 300 nm. Jumlah lapisan divariasikan hingga tiga lapisan sehingga terbentuk sistem multi lapisan.

Sebelum dilakukan proses deposisi terlebih dahulu kawat dibersihkan dengan *ultrasonic cleaner* dalam lingkungan alkohol selama 10 menit, kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan. Setelah kering, segera dilakukan proses elektrodeposisi (Ma *et al.*, 2015).

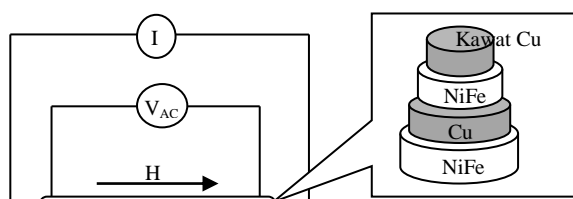
Proses elektrodeposisi dilakukan dengan menggunakan larutan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ dan larutan Cu dengan pH masing-masing larutan dibuat 2,6 dengan penambahan 0,1 M larutan HCl (Aydogmus *et al.*, 2014). Bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan larutan elektrolit $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ dan Cu ditunjukkan oleh table 1 berikut

Tabel 1. Bahan kimia larutan elektrolit (Aydogmus *et al.*, 2014).

No	Larutan	Bahan	Molaritas (M)
1	Ni ₈₀ Fe ₂₀	NiSO ₄ .6H ₂ O	0,099
		FeSO ₄ .7H ₂ O	0,012
		H ₃ BO ₃	0,149
		C ₆ H ₈ O ₃	0,002
2	Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,065
		C ₆ H ₁₂ O ₆	0,002

Pada eksperimen ini, pendeposisian lapisan Ni₈₀Fe₂₀ sebagai lapisan magnetik dilakukan pada rapat arus 15,5 mA/s dan beda potensial 3,5 V. Sedangkan pelapisan Cu sebagai lapisan *spacer* dilakukan pada rapat arus 8 mA/s dan beda potensial 3 V.

Pengukuran impedansi *Z* dilakukan menggunakan LCR-meter GW Instek 819 pada rentang frekuensi 20 – 100 kHz. Medan magnet eksternal diaplikasikan pada kawat hasil elektrodeposisi dengan arah sejajar dengan kawat. Medan magnet ini dihasilkan dari sepasang lilitan kawat yang dialiri arus listrik DC dengan kuat medan magnet maksimum $H_{max} = \pm 350$ Oe. Gambar skema pengukuran magnetoimpedansi ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Gambar skema pengukuran magnetoimpedansi (Chaturvedi *et al.*, 2010).

Pengukuran rasio magnetoimpedansi menggunakan persamaan berikut (Uppili & Daglen, 2013):

$$\frac{\Delta Z}{Z} (\%) = \frac{(Z_{H0} - Z_{Hmax})}{Z_{Hmax}} \times 100\% \quad (2)$$

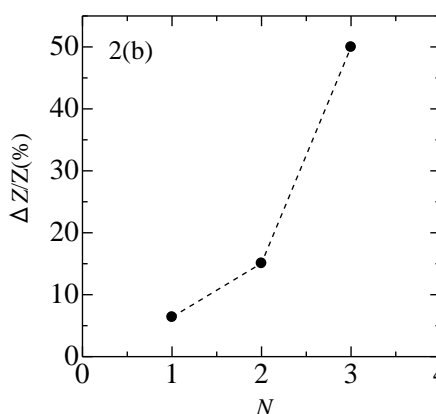
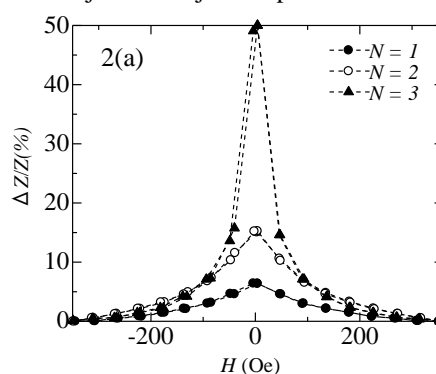
dengan $\Delta Z / Z(\%)$ adalah rasio magnetoimpedansi, Z_{H0} adalah impedansi ketika tidak ada medan magnetik eksternal, dan Z_{Hmax} adalah impedansi ketika medan magnet eksternal mencapai maksimum. Sedangkan untuk menentukan sensitifitas medan menggunakan persamaan berikut (Sanchez *et al.*, 2011):

$$\eta = 2 \times \frac{[\Delta Z / Z(\%)]_{max}}{\Delta H} \quad (3)$$

dengan ΔH adalah lebar kurva pada setengah rasio magnetoimpedansi maksimum.

2.2 Hasil dan Diskusi

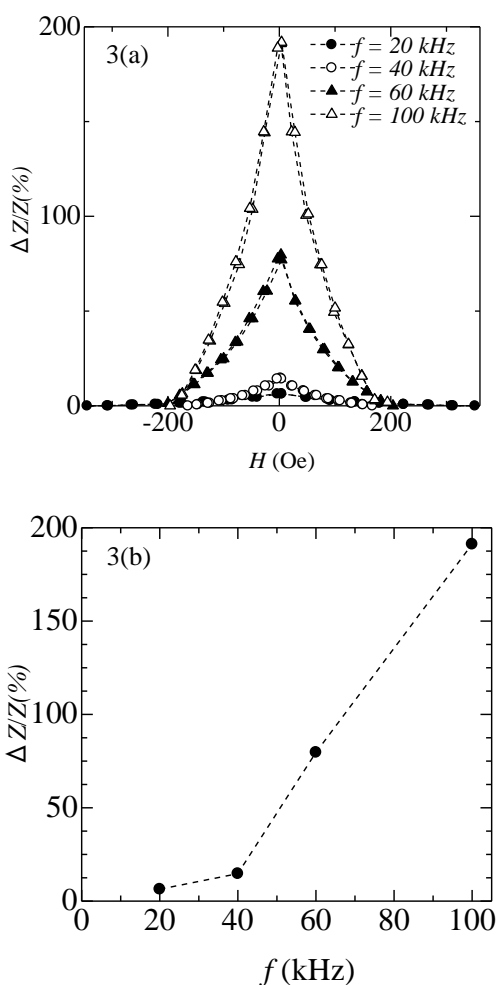
Gambar 2(a) menunjukkan pengaruh jumlah lapisan [NiFe/Cu]_N dengan $N = 1 - 3$ pada frekuensi 20 kHz. Hasil pengukuran menunjukkan tipikal yang sama dengan rasio magnetoimpedansi maksimum dicapai pada $H = 0$ Oe. Rasio magnetoimpedansi akan menurun secara signifikan dengan meningkatnya kuat medan magnetik eksternal dan mencapai kondisi stabil pada kuat medan $H = 200$ Oe. Gambar 2(a) juga menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan NiFe/Cu maka rasio magnetoimpedansi juga semakin meningkat. Pada penelitian ini rasio impedansi magnetik meningkat dari 6,4% menjadi 50% dengan peningkatan jumlah lapisan dari $N = 1$ hingga $N = 3$. Hal ini dapat terjadi dikarenakan dengan peningkatan jumlah multi lapisan akan meningkatkan permeabilitas *circumferential* bahan magnetik, sehingga rasio magnetoimpedansi akan meningkat. Peningkatan rasio magnetoimpedansi dengan peningkatan jumlah lapisan lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 2(b).



Gambar 2. (a) Ketergantungan rasio magnetoimpedansi terhadap jumlah multilapisan pada $f = 20$ kHz, (b) Hubungan rasio magnetoimpedansi maksimum dengan jumlah multilapisan.

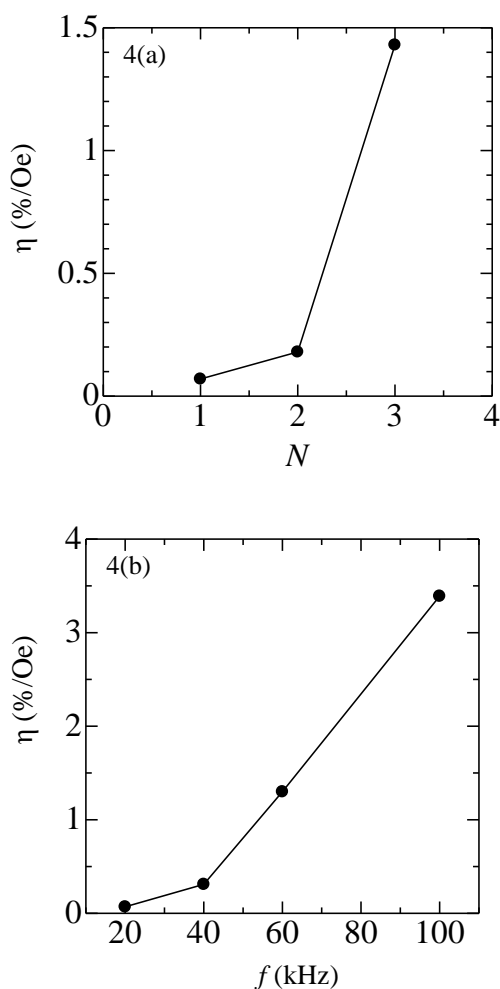
Gambar 3(a) menunjukkan pengaruh frekuensi terhadap rasio magetoimpedansi pada kawat dengan satu lapis $Ni_{80}Fe_{20}/Cu$. Variasi frekuensi yang dilakukan pada eksperimen ini adalah 20 kHz – 100 kHz. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi arus AC yang diberikan akan mengakibatkan kenaikan rasio magnetoimpedansi secara signifikan dari 6,4% menjadi 192,3%. Hal ini karena frekuensi berpengaruh pada reaktansi bahan. Semakin besar reaktansi maka semakin besar pula nilai impedansinya.

Gambar 3(b) menunjukkan hubungan rasio magnetoimpedansi maksimum terhadap frekuensi arus AC. Peningkatan rasio magnetoimpedansi secara signifikan mulai terjadi pada frekuensi 40 kHz hingga 100 kHz.



Gambar 3. (a) Pengaruh frekuensi terhadap rasio magnetoimpedansi, (b) Hubungan rasio magnetoimpedansi maksimum terhadap frekuensi.

Gambar 4(a) menunjukkan hubungan sensitifitas medan (η) dengan jumlah lapisan $Ni_{80}Fe_{20}/Cu$ pada kawat Cu hasil elektrodeposisi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan $Ni_{80}Fe_{20}/Cu$ maka sensitifitas terhadap medan juga semakin meningkat. Pada jumlah lapisan $N = 1$ sensitifitas terhadap medan sebesar 0,07 %/Oe sedangkan pada jumlah lapisan $N = 3$ sensitifitas terhadap medannya menjadi 1,43%/Oe. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah lapisan dari $N = 1$ hingga $N = 3$ meningkatkan sensitifitas terhadap medan kira-kira sebesar 20 kali lipat. Sedangkan pada variasi frekuensi, sensitifitas terhadap medan meningkat 50 kali dari $f = 20$ kHz sampai $f = 100$ kHz



Gambar 4(a) Hubungan sensitifitas medan terhadap jumlah lapisan $Ni_{80}Fe_{20}/Cu$ (b) Ketergantungan sensitifitas medan terhadap frekuensi

3. Kesimpulan

Efek magnetoimpedansi pada kawat Cu yang dideposisi dengan Multi Lapisan Ni₈₀Fe₂₀/Cu telah berhasil diamati melalui eksperimen. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rasio magnetoimpedansi dan sensitifitas medan meningkat secara signifikan dengan peningkatan jumlah lapisan Ni₈₀Fe₂₀/Cu dan frekuensi arus AC yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Aydogmus, E., Kaya, H., Atalay, F.E., Atalay, S., Avcu, D. 2014. Magnetoimpedance Effects in Electrodeposited NiFe Nanowire Array. *Acta Physica Polonica A*, vol. 125, pp. 227 – 229.
- Barandiaran, J.M., Garcia, A.A., Munoz, J.L., Kurlyandskaya, G.V. 2002. Influence of Magnetization Processes and Device Geometry on the GMI Effect. *IEEE Transaction Magnetic*, vol. 38 (5), pp. 3051 – 3056.
- Chaturvedi, A., Dhakal, T.P., Witanachchi, S., Le, A.T., Phan, M.H., Srikanth. 2010. Critical Length and Giant Magnetoimpedance in Co₆₉Fe_{4.5}Ni_{1.5}Si₁₀B₁₅ Amorphous Ribbons. *Material Science and Engineering B*, vol. 179, pp. 146 – 150.
- Cortes, M., Peng, T., Woytasik, M., Moulin, J. 2015. Shape Anisotropy in Magnetoimpedance NiFe-Based Microsensors, *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 162, no.7, pp. 129 – 132.
- Ma, L., Zhang, L., Li, X., Zhou, K. 2015. Fabrication and Characterization of Electrodeposited Nanocrystalline Ni-Fe Alloys for NiFe₂O₄ Spinel Coatings. *Transaction of Nonferrous Metals Society of China* vol. 25, pp. 146 – 153.
- Mishra, A.C., Sahoo, T., Srinivas, V., Thakur, A.K. 2011. Investigation of Magnetoimpedance Effect on Electrodeposited NiFe/Cu Wire Using Inductance Spectroscopy, *Physica B Elsevier*, vol. 406, pp. 645 – 651.
- Phan, M.H., Peng, H.X. 2008. *Giant Magnetoimpedance Materials : Fundamentals and Applications*. Progress in Materials Science Elsevier, vol. 53, pp. 323 – 420.
- Sanchez, M.L, Prida, V.M, Santos, J.D., Olivera, J., Sanchez, T., Garcia, J., Perez., Hernando, B. 2011. Magnetoimpedance in Soft Magnetic Amorphous and Nanostructured Wires. *Applied Physics A Materials Science & Processing* vol. 104, pp. 433 – 455.
- Tung, M.T., Hang, L.T.T., Tuan, L.A., Nghi, N.H., Phan., M.H. 2014. Influence of Electrodeposition Parameters on the Magnetic and Magnetoimpedance Properties of CoP/Cu Wires. *Physica B Elsevier*, vol 442, pp. 16 – 20.
- Uppili, H., Daglen, B. 2013. Bi-Directional Giant Magneto Impedance Sensor. *Advance in Materials Physics and Chemistry*, vol. 3, pp. 249 – 254.