



## Efek Magneto-Impedansi Frekuensi Rendah pada Non Litografi Multilayer [NiFe/Cu]<sub>4</sub>

Wahyu Eko Prastyo, Nuryani, & Budi Purnama\*)

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret

\*) Email korespondensi : bpurnama@mipa.uns.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v15i2.5004>

Submitted: 12 Juni 2018; Accepted: 01 April 2019

**ABSTRACT**–The magneto-impedance effect in multilayer system of [NiFe/Cu]<sub>4</sub> present at this paper. The samples prepare by electrodeposition methods on a non-lithography pattern of PCB Cu substrate. The NiFe and Cu layer sequency produce to obtain a multilayer system [NiFe/Cu]<sub>4</sub>. Thereafter, sample evaluate magnetic property by using vibrating sample magnetometer (VSM). Finally, sample evaluate a magneto-impedance response by total electrical impedance measure under various external magnetic field. Typical magneto-impedance ratio of 7,56% indicate the sample can to apply as magnetic sensor at low frequency region.

**KEYWORDS** : *Electrodeposition, Low Frequency, Magneto-impedance, Multilayer.*

### PENDAHULUAN

Magneto-impedansi atau magneto impedansi raksasa (giant magneto impedance) adalah fenomena perubahan impedansi listrik suatu bahan magnetic konduktor akibat adanya medan magnet terpasang. Fenomena magneto-impedansi ini diperkenalkan pertama kali sebagai *magneto-inductive effect* (Mohri et al., 1992). Bahan magnetic berupa kawat amorf FeSiB, CoSiB dan FeCoSiB menjadi bahan utama dalam investigasi pertama kali fenomena magneto induktif. Selanjutnya, fenomena ini berubah menjadi magneto impedansi setelah pengukuran induktansi diperluas menjadi pengukuran impedansi total pada bahan kawat magnetic amorf FeCoSiB (Panina & Mohri, 1994). Munculnya fenomena efek magneto impedansi ini dikarenakan *skin effect* yaitu kedalaman penetrasi gelombang elektromagnetik pada permukaan kawat konduktor dan ketergantungan permeabilitas *circum ferencial* dengan medan magnet

eksternal.

Semenjak itu, banyak peneliti mengkaji efek magneto impedansi ini baik bahan magnetic berupa kawat, pita (*ribbon*) maupun lapisan tipis atau multi lapisan/*multilayer* (Chen et al., 2009). Hal ini mengingat sensitifitasnya yang tinggi, dapat beroperasi pada suhu ruang, stabil dan resolusi tinggi (Cheng et al., 2014; Tung et al., 2014). Tipikal aplikasi sensor berbasis magneto impedansi adalah sistem sensor magnetik di pertambangan dan perindustrian, kedokteran (Liandro et al., 2010), system pengindra sel kanker (Kwapulinski et al., 2011), sensor bakteri E-Coli (Yang et al., 2015).

Makalah ini akan disajikan fenomena magneto impedansi multi lapisan [NiFe/Cu]<sub>4</sub> dievaluasi pada frekuensi rendah yaitu kurang dari 100 kHz. Sampel multi lapisan difabrikasi dengan electrode posisi pada substrat PCB Cu berpole non lithography. Konfirmasi karakteristik magnetik dilakukan dengan pengukuran menggunakan *vibrating sample magnetometer* (VSM). Akhirnya, fenomena magneto impedansi

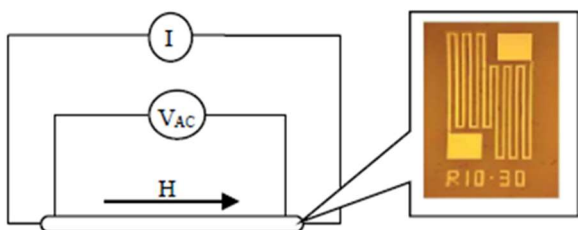
diukur pada suhu ruang.

## METODE PENELITIAN

Prosedur eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini mengikuti prosedur yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Eksperimen dilakukan menjadi 3 tahapan yaitu persiapan meliputi pembuatan larutan elektrolit untuk deposisi NiFe dan Cu; kemudian dilanjutkan penumbuhan sample multilapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_N$  dengan electrode posisi, dan karakterisasi.

Pada pembuatan larutan elektrolit NiFe, bahan yang digunakan adalah  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (merck),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (merck),  $\text{H}_3\text{BO}_4$  (merck) dan  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_3$  (merck). Sedangkan larutan elektrolit Cu terdiri  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (merck) dan  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_3$  (merck). Elektrode Pt digunakan dalam keseluruhan eksperimen ini. Komposisi konsentrasi dan kondisi electrode posisi sesuai dengan penelitian sebelumnya (Prastyo, Maulana, Nuryani, & Purnama, 2017).

Setelah sampel multilayer diperoleh, maka dilakukan evaluasi tipikal karakteristik magnetic sampel dengan vibrating sampel magnetometer (VSM). Hasil ini mengklarifikasi bahwa sampel adalah bahan ferromagnetic pada suhu kamar. Kemudian sample multilayer  $[\text{NiFe/Cu}]_N$  dievaluasi fenomena magneto impedansi dengan cara mengukur nilai impedansi total untuk beragam nilai medan magnet terpasang.

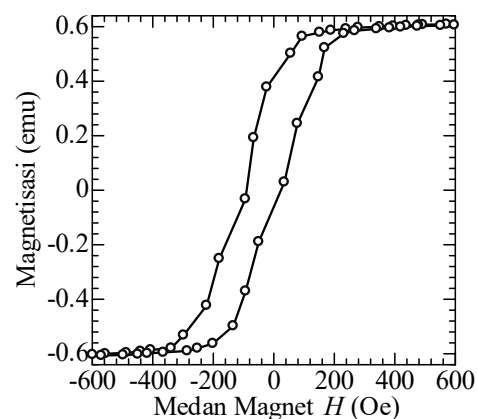


**Gambar 1** Diagram skematik pengukuran fenomena magneto impedansi untuk sampel multi-lapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_4$  pada substrate berpola.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 memperlihatkan kurva hysteresis multilapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_4$  hasil electrode posisi pada substrat PCB Cu berpola. Teramati dengan jelas dari grafik bahwa

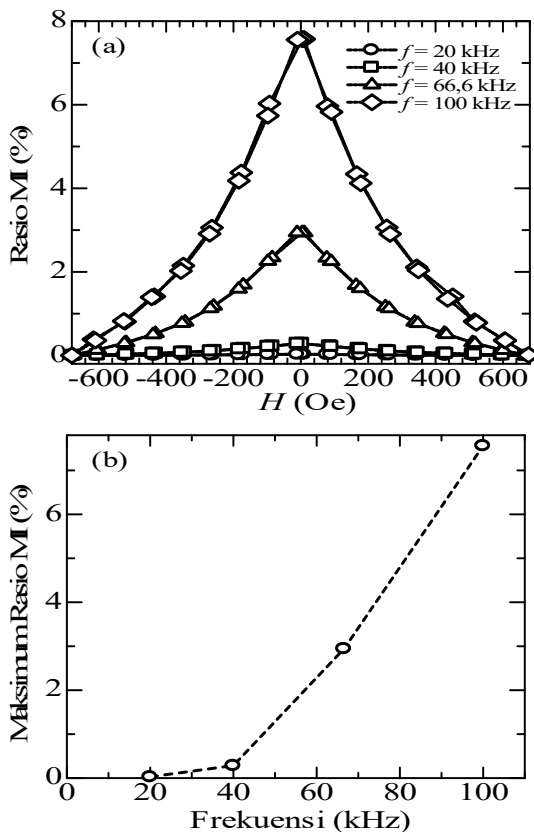
magnetisasi sampel mengalami saturasi ketika medan magnet eksternal melampaui  $H_s = 327,5\text{Oe}$ . Sedangkan nilai magnetisasi saturasi yang diperoleh sebesar  $M_s = 0,6\text{ emu}$ . Sedangkan medan koersif  $H_c = 54,89\text{Oe}$ . Dari sudut pandang teori, hasil ini mengindikasikan bahwa respon sampel terhadap medan magnet eksternal berada pada jangkauan medan magnet eksternal dari  $H_c = 54,89\text{ Oe}$  sampai dengan  $H_s = 327,5\text{ Oe}$ . Medan magnet kurang dari  $H_c = 54,89\text{ Oe}$  tidak memberikan respon signifikan terhadap magnetisasi terukur. Sedangkan, kenaikan medan magnet lebih dari medan tersebut ( $H_c = 54,89\text{ Oe}$ ) tidak akan memberikan respon magnetic apapun. Tipikal hasil ini selaras dengan penelitian yang telah dipublikasikan (Gupta, Gupta, & Gutberlet, 2008).



**Gambar 2** Kurva hysteresis sample multilapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_4$  pada substrate berpola.

Tipikal rasio magneto impedansi sebagai fungsi frekuensi pengukuran ditampilkan pada Gambar 3.a. Teramati dengan jelas dari gambar, tipikal kurva simetri magneto impedansi. Hasil ini menunjukkan bahwa respon magneto impedansi tidak mengindikasikan preferensi arah medan magnet eksternal. Artinya medan eksternal orientasi parallel dan antiparalel akan memberikan respon magneto impedansi yang sama. Gambar 3.a juga merefleksikan signifikansi parameter frekuensi dalam pengukuran karakteristik magneto impedansi. Ketika magneto impedansi diukur pada frekuensi rendah  $f = 20\text{ kHz}$ , rasio magneto impedansi (rasio MI) yang diperoleh kecil, namun  $f = 100\text{ kHz}$ , rasio MI meningkat drastic menjadi 7,56%. Hal lain

yang terungkap dari kurva magneto impedansi bahwa ketika medan eksternal lebih dari  $H_s$ , kurva belum memperlihatkan keadaan respon saturasi /jenuh. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur magnetic sampel multi lapisan tidak didominasi konfigurasi elektronik yang terungkap dari nilai magnetisasi saturasi  $M_s$ . Namun lebih didominasi oleh respon permeabilitas bahan magnetik, yaitu dalam hal ini multi-lapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_4$  terhadap medan eksternal. Selain itu, kehadiran *spacer layer* Cu dianggap menjadikan *domain wall depinning*, sehingga domain magnetic dari sampel multilapisan tidak benar-benar berorientasi mengikuti medan eksternal, meskipun medan yang diterapkan lebih dari  $H_s$ .



Gambar 3 (a) tipikal kurva magneto-impedansi pada sample multilapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_4$  pada substrate berpola dievaluasi dengan variasi frekuensi pengukuran yaitu 20; 40; 66,6 dan 100 KHz. (b). maksimum rasiomagnetisasi sebagai fungsi frekuensi pengukuran.

Gambar 3.b adalah maksimum rasio MI, yaitu kurva magneto impedansi yang dihitung saat  $H = 0$  Oe; sebagai fungsi frekuensi. Ketika  $f = 20$  KHz, maksimum rasio MI = 0,03%. Nilai ini

menjadi 0,28% saat  $f = 40$  KHz atau meningkat hampir 10 kali lipat dari nilai pada frekuensi 10 kHz. Maksimum rasio MI meningkat secara drastic ketika  $f = 66,67$  KHz dan 100 KHz yaitu berturut-turut 2,94% dan 7,56%. Dengan kalimat lain, kenaikan frekuensi pengukuran sebesar 5 kali ( $=100/20$ ), menyumbang kenaikan respon maksimum MI sebesar 252 kali ( $=7,56/0,03$ ). Secara spontan, ekspresi kenaikan maksimum MI tersebut dikaitkan dengan permeabilitas sampel multi-lapisan  $[\text{NiFe/Cu}]_4$ . Hal ini mengingatkan permeabilitas relatif alloy NiFe sebesar 10.000 (Jiles, 2015). Peningkatan respon yang jauh dari angka ideal, menandakan terdapat mekanisme lain yaitu *domain wall depinning* pada *interface* akibat kehadiran lapisan spacer Cu.

## KESIMPULAN

Efek magneto impedansi pada system multilapisan (*multilayer thin films*)  $[\text{NiFe/Cu}]_4$  telah didiskusikan. Sampel difabrikasi menggunakan metode electrode posisi dengan Pt sebagai elektrode. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa sampel multilapisan magnetic telah berhasil dikonfirmasi. Sampel memiliki medan koersif  $H_c = 54,89$  Oe dan satu rasi magnetisasi  $M_s = 0,6$  emu. Sedangkan efek magneto impedansi memperlihatkan ketergantungan terhadap frekuensi pengukuran. Maksimum rasio MI meningkat sebesar 252 kali dengan perbandingan pengukuran MI pada frekuensi 100 KHz dengan 20 KHz. Hasil ini berpotensi aplikasi sensor berbasis fenomena magneto impedansi pada frekuensi rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, D. L., Li, X., Pan, H. L., & Luan, H. Y., Zhao, Z. J. (2014). Magneto-Impedance Effect of Composite Wires Prepared by Chemical Plating under DC Current. *Nano-Micro Letters*, 6(3), 227–232.
- Chen, L., Zhou, Y., Lei, C., Zhou Z.M., & Ding, W. (2009). Effect of meander structure and line width on GMI effect in micro-patterned Co-based ribbon. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 42(14), 145005.
- Jiles, D. (2015). *Introduction to magnetism and magnetic materials. Third Edition*. CRC

- press.
- Kwapulinski, P., Heneczok, G., Stoklosa, Z., & Rasek, J. (2011). Magnetoimpedance Effect in Amorphous and Nanocrystalline Alloys Based on Iron. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 47(2), 166–176.
- Liandro, J., Palfreyman, J. J., Ionescu, A., & Barnes, C. H. W. 2010. Magnetic biosensor technologies for medical applications: a review. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 48(10), 977–998. doi:10.1007/s11517-010-0649-3.
- Mohri, K., Kohsawa, T., Kawashima, K., Yoshida, H., & Panina, L. V. (1992). Magnetoinductive effect (MI effect) in amorphous wires. *IEEE Transactions on Magnetics*, 28(5), 3150–3152. doi:10.1109/20.179741.
- Panina, L. V., & Mohri, K. (1994). Magnetoimpedance effect in amorphous wires. *Applied Physics Letters*, 65(9), 1189–1191. doi:10.1063/1.112104.
- Prastyo, W. E., Maulana, F., Nuryani, N., & Purnama, B. 2017. Magneto-impedance in Multilayered [Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>/Cu]<sub>4</sub> with modification of the line-length pattern on Cu printed circuit board. *Journal of Physics: Conference Series*, 909, 012030. doi:10.1088/1742-6596/909/1/012030.
- Tung, M. T., Hang Le, T. T., Tuan, L. A., Nghi, N. H., & Phan, M. H. 2014. Influence of Electrodeposition Parameters on The Magnetic and Magneto-Impedance Properties of Co/P/Cu Wires. *Physica B Elsevier*, 442, 16–20.
- Yang, Z., Sun, X., Wang, T., Lei, C., Liu, Y., Zhou, Y., & Lei, J. (2015). A giant magnetoimpedance-based biosensor for sensitive detection of Escherichia coli O157:H7. *Biomedical Microdevices*, 17(1). 1-8. doi:10.1007/s10544-014-9925-6.