

DOI: doi.org/10.21009/SPEKTRA.033.03

Received: 25 October 2018
Revised: 12 November 2018
Accepted: 28 December 2018
Published: 30 December 2018

PENGARUH GELOMBANG MIKRO (MICROWAVE ASSISTED) TERHADAP KURVA HISTERESIS DARI BAHAN FERROMAGNETIK COPD BERBENTUK ELLIPSOID

Widia Nursiyanto^{1,a)}, Luthfi Rohman^{2,b)}, Nagara H.T.B.F²⁾, Edy Supriyanto²⁾

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember Jln. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: ^{a)}widianursiyanto@gmail.com, ^{b)}el_rahman.fmipa@unej.ac.id

Abstrak

Saat ini alat penyimpanan data masih terkendala yaitu menjadi tidak stabil akibat efek superparamagnetik. Efek ini dapat terjadi apabila nilai kerapatan bit ditingkatkan atau ketika energi magnetisasi menurun sehingga terjadi proses demagnetisasi akibat orientasi magnetisasi berubah dengan adanya temperatur tinggi. Bahan ferromagnetik CoPd memiliki nilai anisotropi magnetik dan medan koersivitas besar, sehingga bahan ini dapat dipola (patterned) dengan ukuran yang sangat kecil sesuai dengan persyaratan alat penyimpanan data. Namun demikian, masih diperlukan data analisis perubahan kurva histeresis CoPd apabila diberi pengaruh microwave assisted yang mengakibatkan kenaikan temperatur pada CoPd. Oleh karena itu, dilakukan pengamatan terhadap nilai medan koersivitas pada bahan ferromagnetik CoPd berbentuk ellip dengan ukuran diameter panjang yang divariasi. Sampel CoPd selain diberi medan luar juga ditambah dengan pengaruh microwave assisted yang memiliki amplitudo 10000 mT dan frekuensinya 80 GHz. Pengambilan data digunakan program simulasi mikromagnetik dari perangkat lunak bersifat publik bernama Object Oriented Micromagnetic Framework (OOMMF). Dari pengolahan data diperoleh hasil bahwa medan koersivitas menjadi semakin kecil ketika dimensi geometri bahan CoPd semakin besar. Ini berarti bahwa proses pembalikan magnetisasi bahan ferromagnetik CoPd semakin kecil. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa bahan ferromagnetik CoPd cocok untuk digunakan sebagai alat penyimpanan data. Dimensi yang terbaik adalah $(150 \times 150 \times 450) \text{ nm}^3$ dan $(165 \times 165 \times 495) \text{ nm}^3$.

Kata-kata kunci: CoPd, kurva histeresis, microwave assisted, medan koersivitas

Abstract

Until now the data storage device is still constrained unstable because of the superparamagnetic effect. This effect can occur when the value of bit density increases or when the magnetic energy decreases which causes the process of demagnetization due to the magnetization orientation changed in the presence of high temperature. CoPd as one of the ferromagnetic materials has magnetic anisotropy value and large coercivity of the field so that this material can be patterned with very small size according to the requirement of data storage tool. However, data analysis of the CoPd hysteresis curve is required when the microwave assisted at the CoPd would give to rise of temperature. Therefore, we observe the value of the coercivity of the field on the ellipsoid CoPd material with the dimension of size the diameter varied. In addition external field, the microwave assisted with the value of the amplitude is 10000 mT and the value of frequency is 80 GHz give to the sample. Retrieval of data using a

micromagnetic simulation program from a public software called Object Oriented Micromagnetic Framework (OOMMF). From the data processing, it is found that coercivity of the field becomes smaller when the dimension of the sample is getting bigger, This means that the reversal of magnetization of CoPd is getting smaller. With these results, it can be concluded that CoPd is suitable for use as data storage devices. The best dimensions are $(150 \times 150 \times 450) \text{ nm}^3$ and $(165 \times 165 \times 495) \text{ nm}^3$.

Keywords: CoPd, hysteresis curve, microwave assisted, the coercivity of the field.

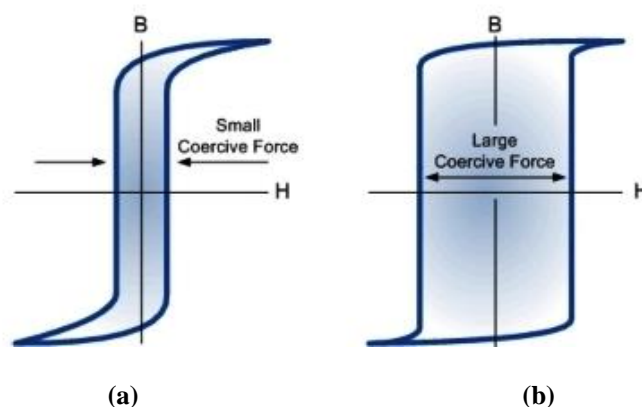
PENDAHULUAN

Perangkat/media penyimpanan berbasis magnetik (*magnetic storage*), dan sensor berbasis magnetik (*magnetic sensor*) merupakan aplikasi bidang spintronik (*spintronic device*) yang berkembang sangat cepat. Salah satu penelitian feromagnetik yang cukup menjanjikan sebagai media penyimpanan adalah *magnetic domain-wall racetrack memory* (RM) [1, 2].

Media ini dicari yang memiliki kemampuan penyimpanan yang besar, *non-volatile*, dan berharga murah, contohnya pada media perekam magnetik *hard disk drive* (HDD) Kebutuhan HDD berkapasitas besar semakin meningkat. Kebutuhan ini dapat dicapai dengan cara meningkatkan kerapatan bit (*bit-areal-density*). Kerapatan bit dijadikan tolok ukur dalam perkembangan kemajuan bidang perekam magnetik. Namun, ketika nilai kerapatan bit pada media penyimpanan data ditingkatkan akan menjadi tidak stabil karena efek superparamagnetik. Efek ini dapat terjadi jika ditingkatkan, maka energi magnetisasi menurun. Selanjutnya, terjadi proses demagnetisasi dan perubahan orientasi magnetisasi yang disebabkan oleh perubahan temperatur tinggi pada keadaan energi magnetisasi yang menurun [3].

Salah satu bahan feromagnetik adalah lapisan tipis CoPd, bahan ini memiliki tekstur yang kuat dengan didukung nilai anisotropi magnetik dan medan koersivitas besar. Karakter anisotropi magnetik CoPd yang besar membuka peluang bahan ini dapat dipola (*patterned*) dengan ukuran yang sangat kecil [4]. Bahan lapisan tipis CoPd dapat diaplikasikan sebagai media perekaman magnetik dengan kerapatan tinggi yang dapat memberikan kontribusi penting pada perkembangan teknologi khususnya pada sistem penyimpanan data [5].

Kurva histerisis merupakan karakterisasi material magnet yang menggambarkan material dapat dimagnetisasi atau didemagnetisasi. Bahan feromagnetik yang memiliki permeabilitas awal yang tinggi dan koersivitas yang rendah (*soft magnetic material*) seperti terlihat pada GAMBAR 1 merupakan bahan yang diperlukan untuk perangkat spintronik.



GAMBAR 1. (a) Kurva histerisis *soft magnetic*, (b) Histerisis *hard material ferromagnetic* [6].

Bahan *soft magnet* memiliki nilai medan koersivitas dan magnetisasi remanen yang kecil, sehingga bentuk *loop* kurva sangat pipih/tipis. Sedangkan, bahan *hard magnet* memiliki nilai medan koersivitas dan magnetisasi remanen yang besar, sehingga bentuk *loop* kurva sangat tebal. Bentuk

loop kurva histeresis yang dibutuhkan pada aplikasi perekam magnetik adalah magnetisasi besar, koersivitas sedang, dan idealnya berbentuk persegi [7].

Ketika bahan feromagnetik mendapat pengaruh gelombang mikro (*microwave assisted*) dengan frekuensi yang sama seperti frekuensi bahan, maka hal ini akan dihasilkan resonansi. Sehingga mengakibatkan magnetisasi bahan akan bergetar pada sudut maksimal dan medan koersivitas pada bahan akan bernilai minimum. *Microwave assisted* yang digunakan mempunyai nilai amplitudo dan frekuensi yang bervariasi. Jika kedua nilai yang digunakan semakin besar, maka dapat membuat tipis medan *switching*. Kondisi lebar atau tipisnya medan ini dapat diamati dalam kurva hysteresis [8].

METODE PENELITIAN

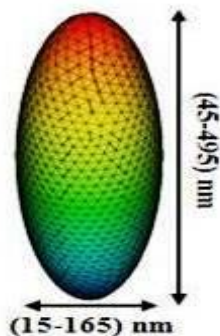
Penelitian dilakukan dengan metode simulasi mikromagnetik *finite different* yang menggunakan perangkat lunak domain publik OOMMF dengan sistem operasi windows [9], yang akan diperoleh data osilasi DW dari bahan feromagnetik *nanowire* berdasarkan persamaan Landau-Lifshitz-Gilbert [10]

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -\frac{|\gamma|}{(1+\alpha^2)} \mathbf{M} \times \mathbf{H}_{eff} - \frac{|\gamma|\alpha}{(1+\alpha^2)} \frac{\mathbf{M}}{M_s} \times (\mathbf{M} \times \mathbf{H}_{eff}) \quad (1)$$

dengan nilai \mathbf{H}_{eff} :

$$\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{applied} + \mathbf{H}_{demag} + \mathbf{H}_{uniso} + \mathbf{H}_{exchange} \quad (2)$$

Bahan feromagnetik CoPd yang digunakan memiliki variasi geometri diameter : sumbu X=Y dari 15-165 nm dan sumbu Z dari 45-495 nm seperti terlihat pada GAMBAR 2. Ukuran sel simulasi mikromagnetik adalah $1,5 \times 1,5 \times 1,5 \text{ nm}^3$ dan nilai konstanta redaman α dalam persamaan Landau-Lifshitz-Gilbert dipilih 0,05



GAMBAR 2. Geometri Bahan feromagnetik CoPd

Hubungan antara medan magnetik yang diberikan pada bahan (H), magnetisasi bahan \mathbf{M} dengan kerapatan fluks magnetik (B) diberikan sebagai :

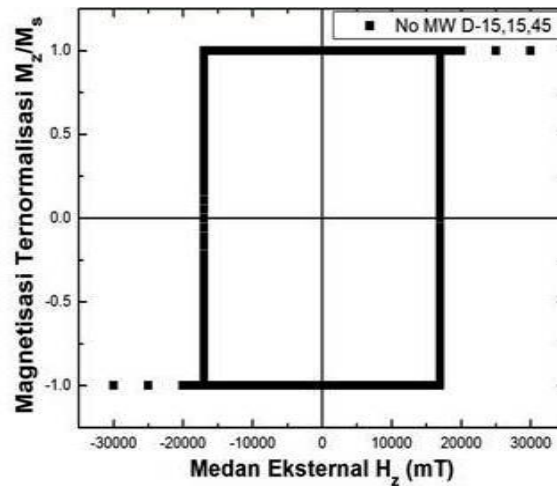
$$B = \mu_0 (H + M) \quad (3)$$

Dalam penelitian ini digunakan medan magnet luar (H) mulai dari 30000 mT hingga -30000 mT serta *Microwave-assisted* dengan amplitudo 10000 mT dan frekuensi 80 GHz. Nilai medan koersivitas diperoleh dari unsur kurva histeresis yang disusun menjadi persamaan:

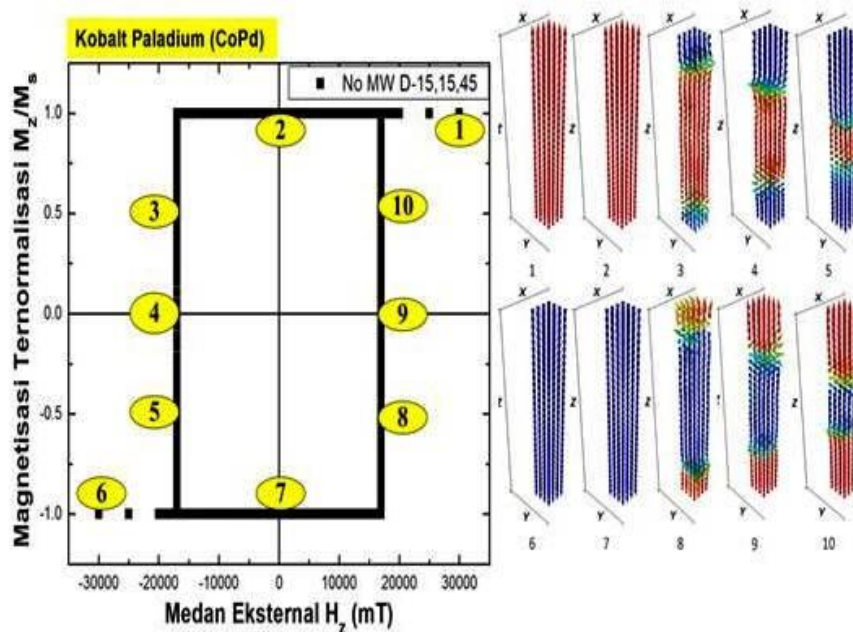
$$H_c = \frac{(H_x \text{ besar} - H_x \text{ kecil})_{\text{pada } y=0}}{2} \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai medan koersivitas geometri berukuran $(15 \times 15 \times 45) \text{ nm}^3$ tanpa *microwave assisted* diperoleh sebesar 17000 mT. Kurva histeresis dan proses pembalikan arah magnetisasi dapat dilihat pada GAMBAR 3 dan GAMBAR 4.

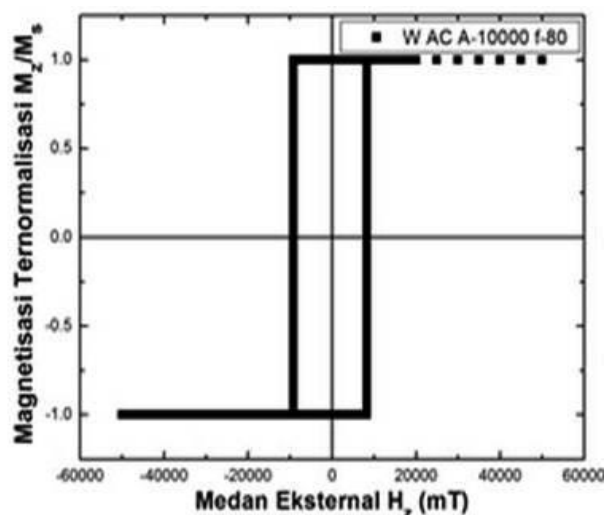


GAMBAR 3. Kurva histeresis tanpa *microwave assisted*



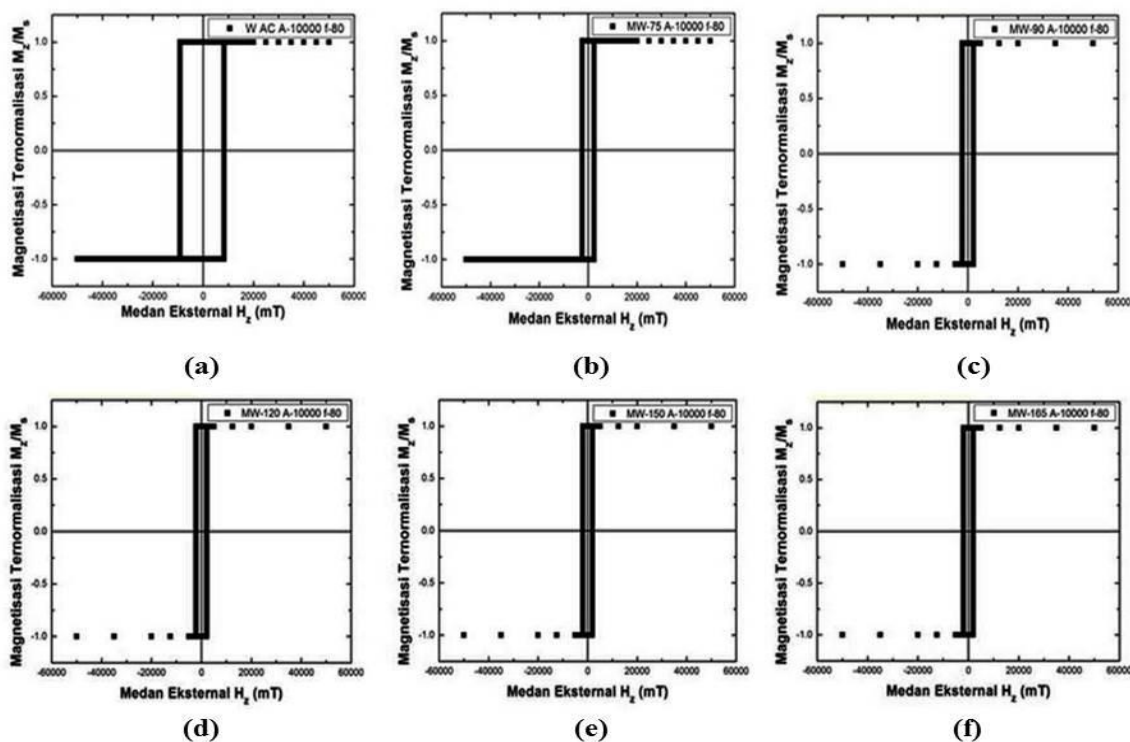
GAMBAR 4. Proses pembalikan magnetisasi dari bahan CoPd *ellipsoid*

Nilai medan koersivitas geometri berukuran $(15 \times 15 \times 45) \text{ nm}^3$ dengan *microwave assisted* yaitu sebesar 8750 mT, seperti terlihat pada GAMBAR 5.



GAMBAR 5. Pengaruh *microwave assisted* terhadap medan koersivitas pada geometri berukuran $(15 \times 15 \times 45) \text{ nm}^3$

Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan medan koersivitas tanpa menggunakan *microwave assisted*, yaitu menjadi setengahnya. Dengan demikian, *microwave assisted* mampu membuat nilai medan koersivitas menurun. Kurva histeresis dari bahan CoPd dengan berbagai variasi dimensi geometri dapat dilihat pada GAMBAR 6.



GAMBAR 6. Pengaruh *microwave assisted* terhadap medan koersivitas pada geometri berukuran: (a) $(15 \times 15 \times 45) \text{ nm}^3$, (b) $(75 \times 75 \times 225) \text{ nm}^3$, (c) $(90 \times 90 \times 270) \text{ nm}^3$, (d) $(120 \times 120 \times 360) \text{ nm}^3$, (e) $(150 \times 150 \times 450) \text{ nm}^3$, (f) $(165 \times 165 \times 495) \text{ nm}^3$

Nilai medan koersivitas dari berbagai variasi dimensi geometri dapat dilihat pada TABEL 1.

TABEL 1. Koersivitas Bahan CoPd berbagai variasi dimensi geometri akibat *microwave assisted*

Dimensi (nm ³)	Medan Koersivitas (mT)
15 x 15 x 45	8750
75 x 75 x 225	2450
90 x 90 x 270	2250
120 x 120 x 360	2100
150 x 150 x 450	1925
165 x 165 x 495	1875

Terlihat bahwa semakin besar dimensi geometri bahan CoPd menghasilkan nilai medan koersivitas yang semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa MW berpengaruh memperkecil medan koersivitas bahan. Nilai medan koersivitas yang semakin kecil dapat membuat bahan CoPd cenderung mudah untuk melakukan proses pembalikan magnetisasi. Dengan demikian, dengan adanya sedikit pemberian medan eksternal bahan CoPd sudah dapat berubah menjadi magnet kuat. Terlihat bahwa bahan CoPd dengan dimensi (150x150x450) nm³ dan (165x165x495) nm³, memiliki medan koersivitas kecil yaitu di bawah 2000 mT.

SIMPULAN

Pengaruh *microwave assisted* yang digunakan pada proses simulasi mikromagnetik terhadap bahan CoPd dengan variasi geometri, dihasilkan nilai medan koersivitas semakin kecil ketika dimensi geometri bahan semakin besar (kurva histeresis yang semakin pipih atau tipis). Dengan demikian bahan CoPd sudah dapat berubah menjadi magnet kuat dengan sedikit pemberian medan eksternal. Geometri CoPd (150 x 150 x 450) nm³ dan (165 x 165 x 495) nm³ cukup baik untuk perangkat penyimpanan data.

REFERENSI

- [1] Wolf, S. A. et al., Spintronics: A spin-based electronics vision for the future, Science 294, (2001), pp. 1488.
- [2] Parkin, S. S., Hayashi, M., dan Thomas, L., Magnetic domain wall racetrack memory, Science 320, (2008), pp. 190.
- [3] Dobisz, E.A., Patterned media: Nanofabrication challenges of future disk drives. Proceedings of the IEEE, **11**, (2008), pp. 96.
- [4] Salamah, U. dan Suharyadi, E., Analisa Pergeseran Magnetic Domain Wall pada Lapisan Tipis Free Layer Co/Pd terhadap Pengaruh Dimensi Sample, Yogyakarta: Fisika-MIPA-Universitas Gajah Mada, (2014)
- [5] Liu, Z., Brandt, R., Hellwig, O., Florez, S., Thomson, T., Terris, B., dan Schmidt, H., Thickness dependent magnetization dynamics of perpendicular anisotropy Co/Pd multilayer film. ELSEVIER. Journal of magnetism and magnetic materials. (2011), pp. 1623-1626.
- [6] <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/magnetic-hysteresis.html> (2018).
- [7] Leslie-Pelecky, D.L., Magnetic Properties of nanostructured materials. Chem. Mater, **8**, (1996), pp. 1770-1783

- [8] Li, P., Yang, X., dan Cheng, X., *Micromagnetic Simulation of Microwave Assisted Switching in Ni₈₀Fe₂₀ Thin Film Element*. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, (2008)
- [9] M.J. Donahue and D.G. Porter, *OOMMF User's Guide* [Online], Available: <http://math.nist.gov/oommf> (2002).
- [10] T.L. Gilbert, *A phenomenological theory of damping in ferromagnetic materials*, *IEEE Trans. Magn.* 40(6), (2004), pp. 3443–3449.

