

Temperatur Curie dan Medan Koersivitas Material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ dalam Struktur Random Alloy dan Double Layers

Lutfi Rohman*, Suci Novitasari, dan Supriyadi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Kampus Tegalboto, Sumbersari, Jember, 68121, Jawa Timur

*el_rahman.fmipa@unej.ac.id

ABSTRACT

Nickel Cobalt (CoNi) material is an important alloy because it has good magnetic properties i.e high curie temperatures and coercivity. Composition, alloy structure and size of the cube side of the material affect the Curie temperature and coercivity. Micromagnetic simulations were carried out on $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ material with random alloy and double layers structure to determine the Curie temperature value and hysteresis curve analysis. simulation of $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ material was performed using Vampire software with variations in the size of the side of the cube used, namely 5 nm, 8 nm, 10 nm, 12 nm, and 15 nm. The simulation results show the value of the Curie temperature is increasing with increasing size of the side of the cube. The Curie temperature value of $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ double layers is higher than $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ random alloy. The characteristics of the hysteresis curve of $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ random alloy and double layers show that the coercivity value increases with increasing size of the sides of the cube. But in $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ random alloy material with size is 12 nm and 15 nm the value of the coercivity field decreases, compared to the size of 10 nm. Material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ random alloy with size 10 nm is the best size based on the value of the large coercivity field.

Keywords: Material CoNi, Micromagnetic simulation, Curie temperature, and coercivity field

ABSTRAK

Material Kobalt Nikel (CoNi) merupakan paduan penting karena memiliki sifat kemagnetan yang baik diantaranya yaitu temperatur curie dan koersivitas yang tinggi. komposisi, struktur alloy dan ukuran sisi kubus bahan berpengaruh terhadap temperatur Curie dan koersivitas. Simulasi mikromagnetik dilakukan pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ dengan struktur *random alloy* dan *double layers* untuk menentukan nilai temperatur Curie dan analisis kurva histerisis. Simulasi material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ dilakukan menggunakan software Vampire dengan variasi ukuran sisi kubus yang digunakan yaitu 5 nm, 8 nm, 10 nm, 12 nm, dan 15 nm. Hasil simulasi menunjukkan nilai temperatur Curie semakin meningkat dengan bertambahnya ukuran sisi kubus. Pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *double layers* diperoleh nilai temperatur Curie lebih tinggi dari pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy*. Karakteristik kurva histerisis pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* menunjukkan bahwa nilai koersivitas meningkat seiring bertambahnya ukuran sisi kubus. Namun pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* ketika ukuran bahan yang diberikan 12 nm dan 15 nm nilai medan koersivitasnya semakin menurun, dibandingkan saat ukuran 10 nm. Pada ukuran sisi kubus 10 nm dikatakan sebagai ukuran terbaik dari material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* ditinjau dari nilai medan koersivitas yang besar.

Kata kunci: material CoNi, simulasi mikromagnetik, ukuran sisi kubus, temperatur Curie, dan medan koersivitas.

PENDAHULUAN

Hard Disk Drive (HDD) adalah sebuah komponen perangkat keras penyimpan data yang berisi piringan magnetis ^[1]. Salah satu bahan magnetik yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan HDD adalah bahan feromagnetik. Bahan feromagnetik merupakan bahan yang mempunyai nilai suseptibilitas magnetik yang sangat tinggi. Bahan Fe, Co, dan Ni merupakan bahan feromagnetik ^[2]. Kobalt Nikel (CoNi) dianggap sebagai paduan penting karena memiliki sifat kemagnetan yang baik. Bahan feromagnetik kobalt (Co) mempunyai struktur yang kuat dengan nilai magnetik anisotropi yang besar ($6,69 \times 10^{-24}$ J/atom), nilai temperatur Curie yang tinggi (1388 K) serta koersivitas yang tinggi (pada diameter bahan 550 nm sebesar 512 Oe) ^[3]. Sedangkan pada bahan feromagnetik Nikel (Ni) memiliki struktur kuat, koersivitas tinggi (pada diameter bahan 750 nm sebesar 426 Oe), tahan korosi, dan jika dipadukan dengan logam lainnya akan memiliki nilai anisotropi tinggi ^[4].

Temperatur Curie merupakan nilai temperatur ketika suatu bahan feromagnetik akan mengalami perubahan menjadi bahan paramagnetik ^[5]. Bahan feromagnetik jika dipanaskan di atas temperatur Curie, spinnya akan berorientasi secara acak, membawa material ini ke fase paramagnetik. Bahan feromagnetik akan kehilangan sifat magnetik apabila berada di atas suhu Curie ^[6].

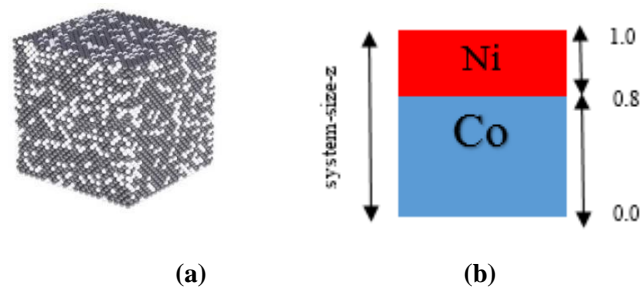
Simulasi sifat magnetik material CoNi model *nanocube* dengan mengamati nilai temperatur Curie (T_c) dan kurva histerisis menggunakan variasi komposisi bahan pada bentuk *random alloy* dan *double layers* telah dilakukan oleh Arifin. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, diperoleh nilai temperatur Curie terbaik yaitu pada komposisi $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers*, dengan ukuran bahan yang digunakan yaitu 5 nm ^[7]. Pada penelitian yang dilakukan secara eksperimen, untuk bahan paduan CoNi diperoleh ukuran kritis (10 – 12) nm ^[8]. Berdasarkan penelitian ekeperimen tersebut, Aiga melakukan simulasi material paduan $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dengan variasi ukuran bahan 5 nm, 10 nm, 15 nm, dan 20 nm. Temperatur Curie tertinggi diperoleh pada ukuran bahan 10 nm ^[9]. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian tersebut diketahui bahwa ukuran bahan berpengaruh terhadap sifat kemagnetan bahan. Oleh karena itu, simulasi dilakukan dengan menganalisis sifat kemagnetan material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* berdasarkan variasi ukuran sisi kubus.

Pada penelitian ini software yang digunakan adalah Vampire. Penelitian ini menggunakan material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers*. Penelitian penentuan nilai temperatur Curie dan pembentukan kurva histerisis dilakukan dengan memvariasikan ukuran sisi kubus yang telah ditentukan yaitu 5 nm, 8 nm, 10 nm, 12 nm dan 15 nm. Hasil simulasi akan memberikan informasi mengenai perbedaan sifat kemagnetan seperti temperatur Curie dan kurva histerisis yang dihasilkan berdasarkan variasi ukuran bahan. Aplikasi material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ sebagai HDD membutuhkan informasi ukuran bahan yang sesuai dengan sifat kemagnetan yang baik yaitu memiliki temperatur Curie yang tinggi dan memiliki medan koersivitas yang tinggi.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai temperatur Curie dan analisis kurva histerisis dari bahan magnetik $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* (Gambar 1). Penelitian menggunakan simulasi mikromagnetik, dengan membuat *file script input* dan *file script* bahan (Tabel 1) yang diletakkan dalam satu folder dengan software Vampire. Vampire merupakan salah satu aplikasi simulasi atomistik untuk material magnetik berukuran nanometer yang tersedia secara *open source*. Simulasi penentuan nilai

temperatur Curie dan pembuatan kurva histeresis material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* dengan memvariasikan ukuran sisi kubus sebesar 5 nm, 8 nm, 10 nm, 12 nm dan 15 nm. Ukuran kubus merujuk pada bahan mikrostruktur dengan ukuran ultra kecil berupa butiran yang terisolasi secara magnetik untuk membentuk sifat mikromagnetik dan makromagnetik yang optimal [8]. Kemudian output simulasi yaitu magnetisasi disajikan dalam bentuk kurva magnetisasi terhadap temperatur dan kurva histeresis (magnetisasi terhadap medan magnet eksternal) menggunakan software Origin. Penentuan nilai temperatur Curie dilakukan dengan mengamati suhu dimana magnetisasi turun mendekati nol. Sedangkan kurva histeresis digunakan untuk mengetahui nilai medan koersivitas dari material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$. Penentuan nilai medan koersivitas (H_c) dengan merata-rata nilai medan eksternal maksimal dan minimal saat magnetisasi bernilai nol [10].



Gambar 1. Struktur material CoNi berbentuk (a) *random alloy* dan (b) *double layers*.

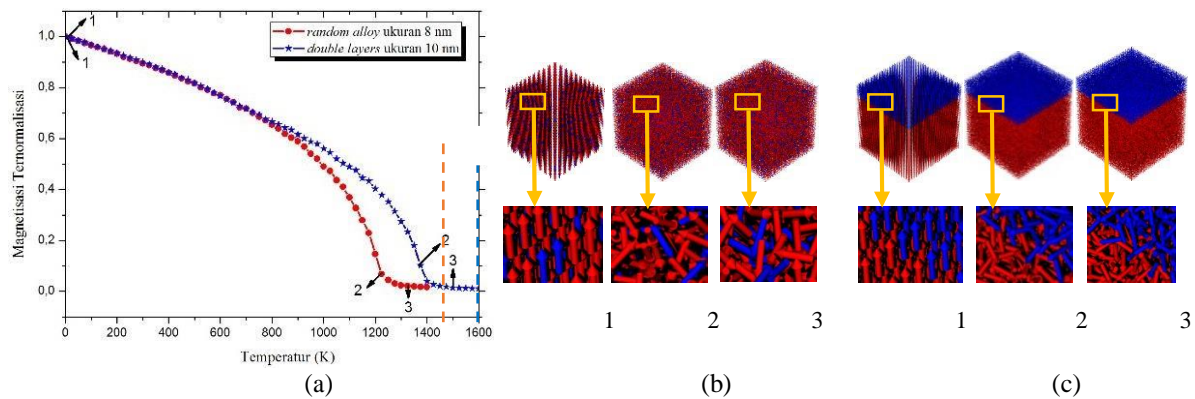
Tabel 1. Sumber data untuk simulasi mikromagnetik

Bahan	$\mu_S (\mu_B)$	J (J/Link)	K (J/Atom)
Co	1,72 [11]	$6,064 \times 10^{-21}$ [11]	$6,69 \times 10^{-24}$ [11]
Ni	0,606 [11]	$2,757 \times 10^{-21}$ [11]	$5,47 \times 10^{-26}$ [11]
CoNi		$4,164 \times 10^{-21}$ [12]	$8,12 \times 10^{-25}$ [13]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada grafik antara magnetisasi terhadap temperatur (Gambar 2 (a)), nilai temperatur Curie ditentukan di suatu titik pada saat nilai magnetisasi mendekati nilai nol. Magnetisasi maksimum terjadi pada temperatur 0 K, kemudian nilai magnetisasi akan menurun hingga mendekati nol pada temperatur tertentu. Pada saat magnetisasi mendekati nol, maka bahan telah mencapai batas dari sifat bahan feromagnetik yang mengalami transisi dari bahan bersifat feromagnetik menjadi bahan bersifat paramagnetik. Batas transisi ini disebut dengan temperatur Curie. Hasil simulasi dengan variasi ukuran sisi kubus menunjukkan bahwa Nilai temperatur Curie material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* akan meningkat saat ukuran sisi kubus bahan semakin besar (Tabel 2). Pada ukuran lebih dari 8 nm bentuk *random alloy* dan lebih dari 10 nm *double layers* nilai temperatur Curie sudah tidak berubah, diduga sudah mencapai ukuran kritis dari bahan tersebut. Perubahan arah magnetisasi pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* ukuran 8 nm dan *double layers* ukuran 10 nm menyebabkan terjadinya perubahan orientasi spin. Visualisasi perubahan arah magnetisasi dilakukan pada titik 1, 2 dan 3 (Gambar 2 (b) dan (c)). Pada titik 1 dikatakan dengan *single domain* dimana spin-spin memiliki orientasi searah dengan nilai magnetisasi besar, bahan tersebut bersifat feromagnetik. Pada titik 2 yaitu transisi yang menunjukkan keadaan magnetisasi yang mendekati nol, dimana arah spinnya acak dan tidak searah lagi, ini disebut batas transisi atau temperatur Curie. Pada titik 3 yaitu multi domain dengan

arah spinnya sudah sangat acak dengan magnetisasi mendekati nol, menandakan bahan tersebut sudah berubah menjadi bahan paramagnetik.



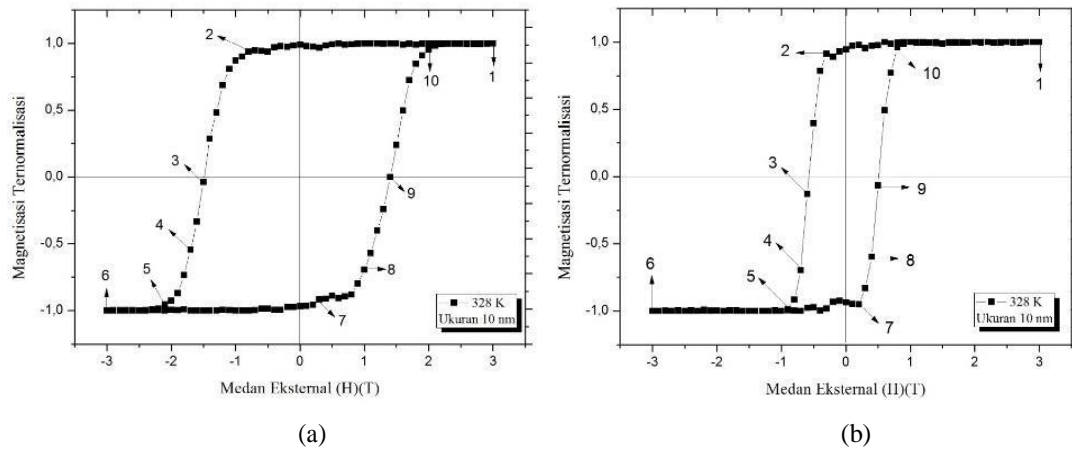
Gambar 2. (a) Grafik magnetisasi terhadap temperatur pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$; (b) perubahan arah magnetisasi pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* ukuran sisi kubus 8 nm; (c) perubahan arah magnetisasi pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *double layers* ukuran sisi kubus 10 nm.

Tabel 2. Nilai temperatur Curie material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers*

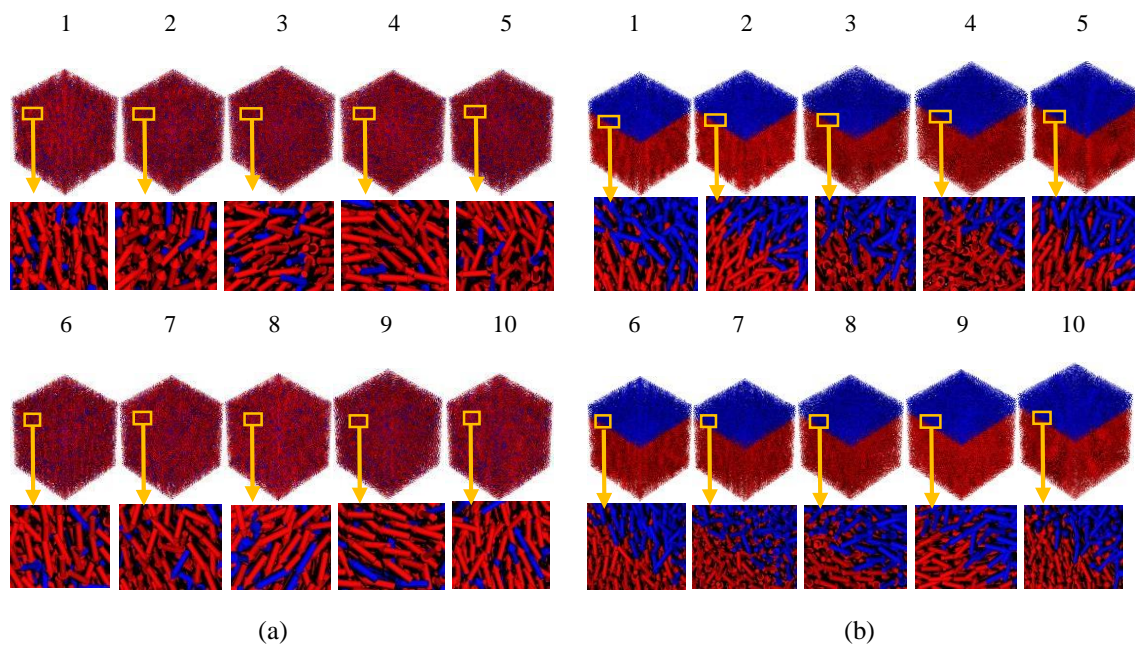
Ukuran sisi kubus (nm)	Temperatur Curie (K)	
	<i>Random Alloy</i>	<i>Double Layers</i>
5	1175	1350
8	1225	1350
10	1225	1375
12	1225	1375
15	1225	1375

Kurva histerisis yang dihasilkan melalui proses pembuatan grafik perubahan magnetisasi terhadap pengaruh pemberian medan eksternal. Analisis kurva histerisis dari material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* menggunakan variasi ukuran kubus 5 nm, 8 nm, 10 nm, 12 nm, dan 15 nm. Temperatur yang digunakan pada tiap ukuran sisi kubus yakni 0 K, 328 K, dan 473 K. Simulasi pada temperatur 328 K menunjukkan suhu HDD saat komputer hidup dalam kondisi bekerja, sedangkan temperatur 473 K merupakan temperatur di atas overhear dari HDD.

Analisis karakteristik kurva histerisis dilakukan dengan memberikan medan magnet eksternal sebesar -3 T sampai 3 T dengan tahapan perubahan medan magnet setiap 0,1 T (Gambar 3). Gambar 4 merupakan perubahan magnetisasi material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* ukuran sisi kubus 10 nm pada temperatur 328 K pada 10 titik struktur domain dari kurva histerisis. Perubahan arah spin ketika proses magnetisasi pada material magnetik dipengaruhi oleh medan eksternal. Berdasarkan kurva histerisis yang terbentuk (Gambar 3), dilakukan analisis terhadap medan koersivitas untuk mengetahui sifat kemagnetan bahan. Nilai medan koersivitas pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* untuk berbagai variasi ukuran sisi kubus disajikan pada Tabel 3. Pada saat ukuran sisi kubus 5 nm, medan koersivitas semakin mengecil seiring meningkatnya variasi temperatur ketika bahan feromagnetik diaplikasikan pada HDD. Pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* saat ukuran sisi kubus 8 nm, 10 nm, 12 nm, dan 15 nm nilai medan koersivitas meningkat seiring meningkatnya variasi temperatur ketika bahan feromagnetik diaplikasikan pada HDD.



Gambar 3. Kurva histerisis dari material $Co_{0,8}Ni_{0,2}$ pada saat temperatur 328 K dengan ukuran sisi kubus 10 nm pada (a) *random alloy* dan (b) *double layers*.



Gambar 4. Contoh proses perubahan magnetisasi dari material $Co_{0,8}Ni_{0,2}$ pada saat temperatur 328 K untuk ukuran sisi kubus 10 nm (a) *random alloy* dan (b) *double layers*.

Tabel 3. Nilai medan koersivitas material $Co_{0,8}Ni_{0,2}$ random alloy dan double layers pada berbagai variasi ukuran sisi kubus dan variasi temperatur.

Ukuran sisi kubus (nm)	medan koersivitas H_c (T)					
	<i>Random alloy</i>			<i>Double layers</i>		
	0 K	328 K	473 K	0 K	328 K	473 K
5	2,00	1,80	1,60	0,50	0,45	0,45
8	2,00	2,10	2,00	0,50	0,55	0,55
10	2,00	2,10	2,20	0,50	0,55	0,55
12	2,00	2,00	2,10	0,50	0,60	0,55
15	2,00	2,00	2,10	0,50	0,60	0,65

Material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* ketika ukuran bahan yang diberikan 12 nm dan 15 nm nilai medan koersivitasnya semakin menurun, dibandingkan saat ukuran 10 nm. Pada ukuran sisi kubus 10 nm dikatakan sebagai ukuran terbaik dari material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* ditinjau dari nilai medan koersivitas yang besar. Pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *double layers* saat ukuran sisi kubus 8 nm, 10 nm, 12 nm, dan 15 nm nilai medan koersivitas meningkat seiring meningkatnya variasi temperatur ketika bahan feromagnetik diaplikasikan pada HDD. Nilai medan koersivitas juga meningkat seiring bertambahnya ukuran sisi kubus. Berdasarkan analisis sifat magnetiknya material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ bentuk *random alloy* lebih baik daripada *double layers*. Hal ini ditinjau pada medan koersivitas yang diperoleh pada bentuk *random alloy* lebih besar daripada *double layers*. Pada Tabel 3, saat ukuran 5 nm material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* rentan terhadap efek superparamagnetik yang ditandai dengan nilai medan koersivitas yang semakin mengecil seiring bertambahnya temperatur. Pada saat ukuran diatas 5 nm material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* dan *double layers* nilai medan koersivitas yang semakin besar seiring bertambahnya temperatur. Hal ini menandakan bahwa bahan memiliki sifat kemagnetan yang kuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, variasi ukuran sisi kubus berpengaruh terhadap nilai temperatur Curie dan medan koersivitas material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$. Material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* sudah mencapai nilai temperatur tertinggi pada ukuran sisi kubus 8 nm yaitu 1225 K. Sedangkan $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *double layers* pada ukuran sisi kubus 10 nm nilai temperatur Curie sudah mencapai nilai temperatur tertinggi yaitu 1375 K. Pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* memiliki nilai medan koersivitas yang lebih tinggi dari pada bahan $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *double layers*. Pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *random alloy* nilai medan koersivitas tertinggi pada saat ukuran sisi kubus 10 nm. Sedangkan, pada material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ *double layers* nilai medan koersivitas tertinggi pada saat ukuran sisi kubus 15 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Siburian, A. H., Andrian, H. R., & Rizal, M. F. 2018. *Implementasi GPU Processing System untuk Dechiperling Kode Terenkripsi*. e-Proceeding of Applied Science, Vol. 4, No. 1, Hal. 141-176.
- 2 Yunanto & Atmono, T. M. 2015. *Preparasi dan Pengamatan Sifat Kurva Histerisis Lapisan Tipis FeCoNi untuk Aplikasi Desain Elektromagnet*. Pusat Sains dan Teknologi Akselerator- BATAN. 103-108, ISSN 0216 – 3128.
- 3 Ballela, M. D. L. 2008. *Synthesis and Characterization of Cobalt Nanoparticles Prepared by Liquid-Phase Reduction*. Thesis. Universiti Sains Malaysia.
- 4 Davis, J. R. 2000. *Nickel, Cobalt, and Their Alloy*. Chagrin Falls Ohio: ASM International.
- 5 Nursiyanto, W., Rohman, L., & Eko, A. 2017. Analisis Diameter Kritis dan Suhu Curie Bahan Parmalloy FeCoB Berbentuk Bola-Nano serta Pengaruh Temperatur (Heat Assisted) dengan Menggunakan Program Simulasi Mikromagnetik NMAG dan Vampire. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 2, No. 3.
- 6 Rohman, L., Supriyanto, E., Sa'diyah, K., & Djuhana, D. 2018. *Curie Temperatures and Critical Exponent Properties Of FePd Ferromagnetic Materials by Data Simulations Approach*. IOP Publishing: Journal of Physics.
- 7 Arifin, S. 2016. *Studi Sifat-Sifat Magnetik Material Ferromagnetik $\text{Co}_{(1-x)}\text{Ni}_{(x)}$ Random Alloy dan Double Layer dalam Berbagai Komposisi Bahan Co dan Ni*. Skripsi. Universitas Negeri Jember.

- 8 Weller, D., & Doerner, M. E. 2000. Extremely High-Density Longitudinal Magnetic Recording Media: *Annual Review of Material Science*, Vol. 30, Hal. 611-644.
- 9 Aiga, N. 2018. Simulasi Mikromagnetik Sifat-Sifat Material $\text{Co}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}$ Random Alloy Berbagai Variasi Ukuran Partikel. *Skripsi*. Universitas Negeri Jember.
- 10 Bedoya-hecapie, C. M., Ortis-alvarez, H. H., Restrepo-Parra, E., Olaya-florez, J. J., & Alvonso, J. E. 2015. Hysterisis Loop Behaviors of Ferroelectric Thin Films: A Monte Carlo Simulation Study. *Chinese Physics B*, Vol. 24, No. 11.
- 11 Evans, R. F. L., & Biternas, A. 2014. *Vampire User Manual: Software Version 4.0*. New York: The University of New York.
- 12 Broeder, F. J. A. 1992. Co/Ni Multilayer with Perpendicular Magnetic Anisotropy: Kerr Effect and Thermomagnetic Writing. *Appl. Physic Lett*, Vol. 61, No. 12, Hal. 1468-1470.
- 13 Vivas, L. G., Varquez, M., Escrig, J., Allande, S., Altbir, D., Leitao, D. C., & Araujo, J. P. 2012. Magnetic Anisotropy in CoNi Nanowaire Arrays: Analytical Calculations and Experiments. *PHYSIC Review*, Vol. 85, No. 3, Hal. 3-15.