

PERHITUNGAN INTERAKSI ANTAR NANOPARTIKEL MAGNETIK DAN MAGNETISASI DALAM LAPISAN TIPIS COBALT SAMARIUM MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB R2015a

Erwin¹, Salomo², Firman Syarief³,
Program Studi S1 Fisika

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Riau Kampus Bina Widya*

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

erwin_amiruddin@yahoo.com
firmān.syarief@outlook.com

ABSTRACT

The calculation of magnetic nanoparticles interaction and magnetization in thin film of samarium-cobalt using MATLAB R2015a Software has been performed. The computer consisted of two program that is program menu and main program. The data entered in the program menu are DCD and IRM magnetization values obtained from measurements using alternating gradient force magnetometer (AGFM). The next step, the main program will calculate magnetic nanoparticles interaction and magnetization and displays the results in graphical form. Samarium composition was varied from 10%, 13%, 16%, 22%, 35% and 40%. The results show the interaction is positive in the sample, except for samarium 16% of the value of a negative interaction (-0.4 Arb.Unit), meaning that from the nature of dipolar interactions. Sample magnetization value decreases linearly from the composition of 10% to 40%, ie 1085,33 emu/cm³ to 226,23 emu/cm³, while the value of coercivity rises with the addition of samarium composition up to 16%, and maximum values contained in the composition of 16%, ie 2052.17 Oersted. Adding of SmCo reaction above 16 at % Sm produced small value of coercivity of the films.

Keywords : *samarium-cobalt, composition, magnetic nanoparticles interaction, magnetization, coercivity, MATLAB.*

ABSTRAK

Perhitungan interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi pada lapisan tipis cobalt samarium menggunakan Software MATLAB R2015a telah berhasil dibuat. Program komputer terdiri dari dua buah program yaitu program menu dan program utama. Data yang diinputkan pada program menu adalah nilai magnetisasi DCD dan IRM yang diperoleh dari pengukuran menggunakan alternating gradient force magnetometer (AGFM). Langkah berikutnya, program utama akan melakukan perhitungan interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi serta menampilkan hasil dalam bentuk grafik. Komposisi samarium divariasikan dari 10%, 13%, 16%, 22%, 35% dan 40%. Hasil menunjukkan interaksi bernilai positif pada sampel, kecuali pada samarium 16% nilai interaksi negatif (-0,4 Arb.Unit), artinya interaksi berasal dari sifat dipolar. Nilai magnetisasi sampel menurun secara linier dari komposisi 10% sampai 40% yaitu 1085,33 emu/cm³ sampai 226,23 emu/cm³, sedangkan nilai koersivitas naik seiring dengan penambahan komposisi samarium diatas 16%, dan nilai maksimum terdapat pada komposisi 16% yaitu 2052,17 Oersted. Pertambahan reaksi pada Sm 16% menghasilkan nilai koersivitas yang kecil pada lapisan.

Kata Kunci : *cobalt-samarium, komposisi, interaksi nanopartikel magnetik, magnetisasi, koersivitas, MATLAB*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dalam bidang informasi pada era modern manusia terus menjalani perkembangan. Perkembangan ini mempengaruhi hampir seluruh aspek kehidupan. Salah satu contoh perkembangan dibidang informasi seperti media penyimpanan data pada komputer. Penyimpanan data dalam komputer mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade belakangan ini yaitu dari kapasitas Kilobyte sampai Gigabyte. Peningkatan kapasitas penyimpanan data dalam hardisk komputer memerlukan bahan penyimpanan data yang handal yaitu dapat menyimpan data dalam jumlah besar (Terabyte) dan tahan lama. Material yang sesuai sebagai salah satu media penyimpanan data berkapasitas tinggi adalah Cobalt (Cobalt-Based) dalam bentuk lapisan tipis.

Cobalt based material memiliki sifat magnetik yang unggul dibandingkan dengan yang lain sebagai penyimpanan data karena memiliki nilai koersivitas yang tinggi. Selain memiliki sifat ini, agar media ini dapat menyimpan data dengan kapasitas besar maka media tersebut harus memiliki ukuran butiran magnetik kecil dari 10 nm dan memiliki interaksi antar butiran magnetik yang kecil (**Doerner, 2000**). Peningkatan kemampuan yang lebih baik dapat dilakukan dengan menurunkan nilai interaksi antar partikel magnetik yaitu dengan memasukkan bahan nonmagnetik seperti chromium, platinum atau samarium kedalam bahan dasar cobalt.

Tujuan penelitian ini adalah membuat program komputer untuk menentukan nilai interaksi antar nanopartikel magnetik dan komposisi campuran yang sesuai sehingga diperoleh media penyimpanan data berkapasitas tinggi pada lapisan tipis Cobalt-Samarium (CoSm).

Interaksi antar nanopartikel magnetik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Kelly, 1989):

$$\Delta M(H) = \overline{M}_{DCD}(H) - (1 - 2\overline{M}_{IRM}(H)) \quad (1)$$

dimana :

$\Delta M(H)$: Interaksi antar nanopartikel magnetik.

$\overline{M}_{DCD}(H)$: Remanance DC normalisasi

$\overline{M}_{IRM}(H)$: Remanance IRM normalisasi

Sedangkan untuk nilai magnetisasi dapat ditentukan dengan persamaan :

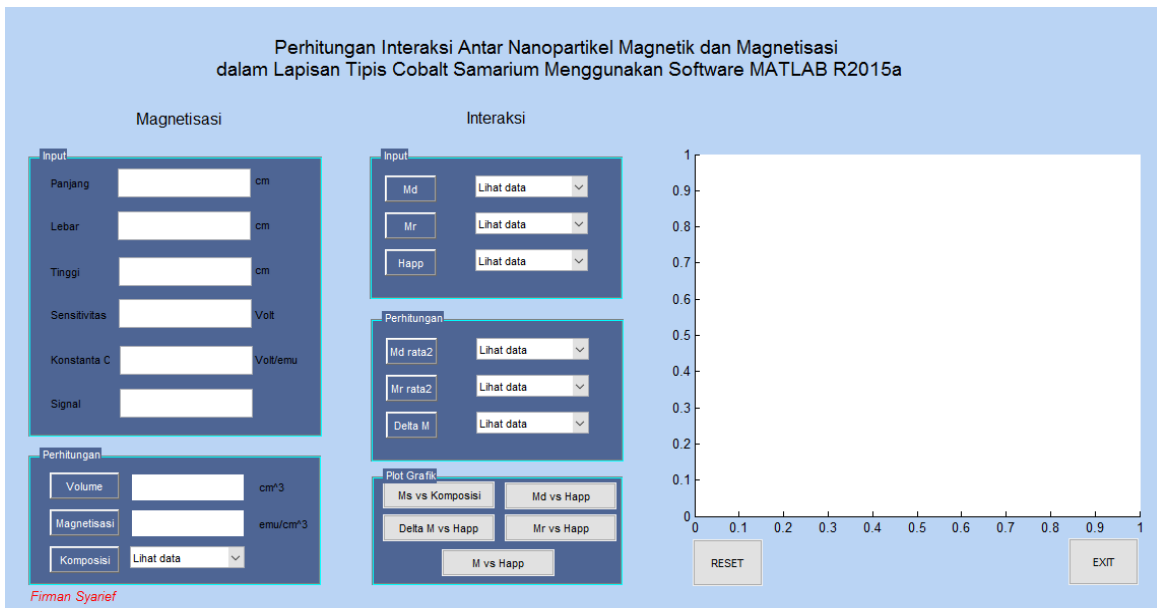
$$M_S = \frac{\text{signal} \times \text{sensitivitas}}{\text{Volume} \times C} \quad (2)$$

dimana C adalah konstanta yang diperoleh dari hasil perhitungan magnetisasi pada sampel yang telah diketahui nilai magnetisasinya seperti Nikel.

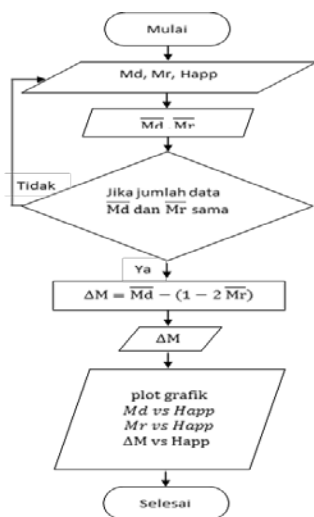
METODE PENELITIAN

Penelitian ini membuat dua buah program komputer untuk menghitung intensitas interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi dalam lapisan tipis cobalt samarium sebagai fungsi komposisi Samarium. Data input yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah nilai magnetisasi remanance demagnetisasi (DCD) dan isothermal remanance magnetisasi (IRM) diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alternating gradient force magnetometer (AGFM). Program komputer dibuat menggunakan *software* MATLAB versi 8.5.0.197613 (R2015a). Rancangan program dibuat dilembar kerja pada MATLAB yaitu GUI (Graphical User Interface) .

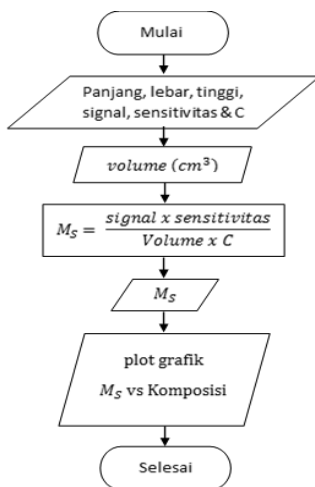
Program komputer yang telah dibuat yaitu, program menu dan program utama. Program menu berfungsi untuk perekaman data yang akan di input dan selanjutnya diproses pada program utama. Program utama akan melakukan pengolahan data kemudian menampilkan hasil perhitungan intensitas interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi dalam bentuk grafik. Berikut diagram alir program komputer pada Gambar 1,2 dan 3.



Gambar 3. Tampilan program menu



Gambar 1. Diagram perhitungan interaksi



Gambar 2. Diagram perhitungan magnetisasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa dua buah program komputer untuk menentukan interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi dalam lapisan tipis Cobalt-Samarium dengan menggunakan software MATLAB versi 8.5.0.197613 (R2015a) dan keluaran program hasil perhitungan interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi berdasarkan variasi komposisi Cobalt dan Samarium $Co_{100-x}Sm_x$, untuk $x = 10\%$, $x = 13\%$, $x = 16\%$, $x = 22\%$, $x = 35\%$ dan $x = 40\%$. Tampilan program menu dapat dilihat pada gambar 3.

Program menu berfungsi untuk perekaman data yang diinput oleh pengguna. Data yang diinput dan direkam dalam program menu selanjutnya diproses oleh program utama untuk menghitung interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi dalam lapisan tipis Cobalt-Samarium.

Program utama merupakan program yang ditulis dengan MATLAB versi 8.5.0.197613 (R2015a) yang digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi berdasarkan variasi komposisi Cobalt dan Samarium. Perhitungan pada program utama menggunakan data yang

telah diinput pada program menu. Program utama untuk menghitung interaksi antar nanopartikel magnetik adalah sebagai berikut :

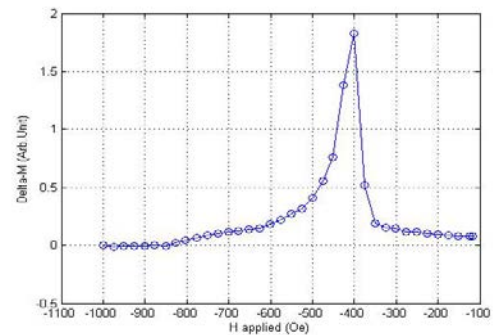
```
% --- Executes on button press in
pushbutton21.
Function
pushbutton21_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
dataMd=get(handles.popupmenu9,'string');
dataMd=str2num(dataMd);
maxnum=max(dataMd);
Mdrata2=dataMd/maxnum;
set(handles.popupmenu12,'string',Mdrata2);
handles.Mdrata2=Mdrata2;
guidata(hObject,handles);
% --- Executes on button press in
pushbutton22.
Function
pushbutton22_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
dataMr=get(handles.popupmenu10,'string');
dataMr=str2num(dataMr);
maxnum=max(dataMr);
Mrrata2=dataMr/maxnum;
set(handles.popupmenu13,'string',Mrrata2);
handles.Mrrata2=Mrrata2;
guidata(hObject,handles);
% --- Executes on button press in
pushbutton23.
Function
pushbutton23_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
Mdrata2=handles.Mdrata2;
Mrrata2=handles.Mrrata2;
mr=2*Mrrata2;
b=minus(1,mr);
dM=minus(Mdrata2,b);
set(handles.popupmenu14,'string',dM);
handles.dM=dM;
guidata(hObject,handles);
```

Sedangkan program utama untuk menghitung magnetisasi adalah sebagai berikut :

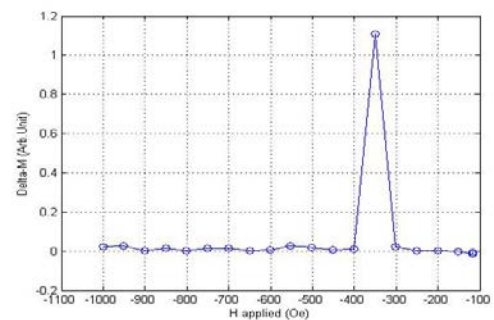
```
% --- Executes on button press in
pushbutton15.
Function
pushbutton15_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
p=handles.p;
l=handles.l;
t=handles.t;
```

```
v=p*l*t;
v=num2str(v);
set(handles.text29,'string',v);
% --- Executes on button press in
pushbutton16.
Function
pushbutton16_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
s=handles.s;
c=handles.c;
si=handles.si;
vol=str2num(get(handles.text29,'string'));
ms=(si*s)/(vol*c);
set(handles.text30,'string',ms);
```

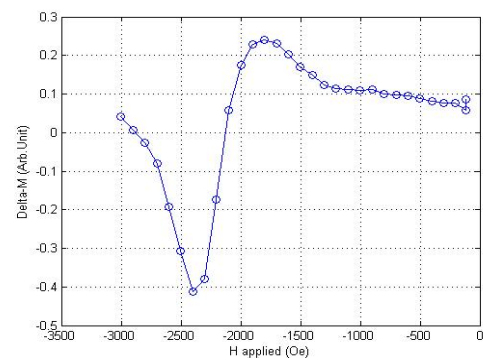
Hasil perhitungan interaksi antar nanopartikel magnetik dari campuran cobalt samarium (CoSm) dengan menggunakan program komputer ditampilkan dalam grafik 2 dimensi yang dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



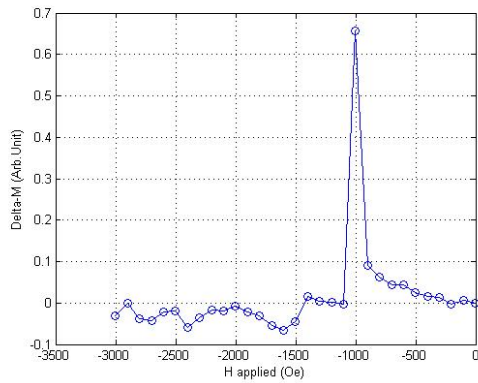
(a)



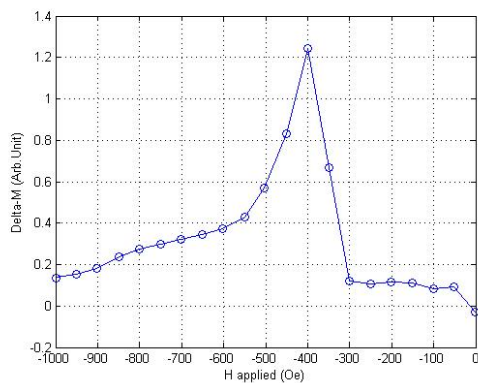
(b)



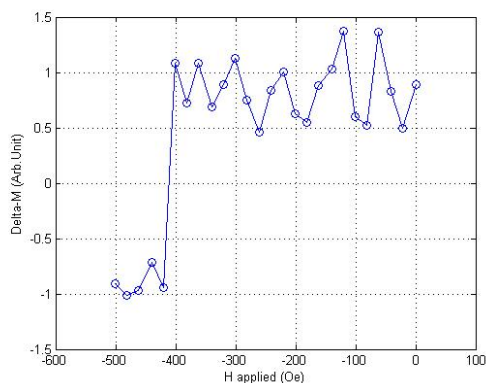
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4. Grafik ΔM komposisi samarium (a) 10%,(b) 13%, (c) 16%, (d) 22%, (e) 35%dan (f) 40%.

Dari Gambar 4. dapat dilihat dengan jelas bahwa interaksi yang terjadi antar nanopartikel magnetik dalam sampel bernilai positif dan bernilai negatif. Nilai interaksi bernilai positif berarti interaksi bersifat stabil yang disebabkan oleh pasangan (Exchange Coupling) diantara butiran-butiran magnetik didalam sampel. Nilai negatif berarti interaksi antar nanopartikel bersifat tidak stabil. Untuk

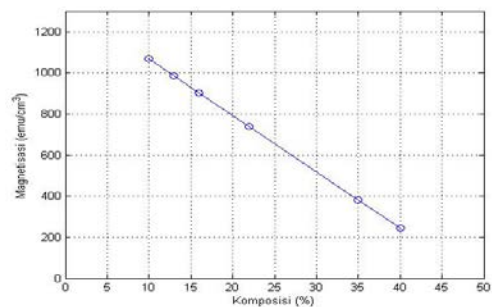
sampel 13% dan 22% dapat dilihat bahwa medan magnet yang digunakan dalam eksperimen ini terlihat menampilkan perpindahan (Switching Field) yang tajam atau turun dengan cepat. Sedangkan untuk sampel 10% dan 16%, 35%, dan 40% menampilkan (Switching Field) yang berubah secara bertahap. Sampel dengan komposisi 16% dapat dilihat nilai interaksi adalah negatif (-0,4). Nilai negatif dari interaksi ini menyatakan bahwa interaksi antar nanopartikel magnetik didalam sampel bersifat dipolar, artinya interaksi yang terjadi karena adanya interaksi antar kutub – kutub dalam sampel.

Magnetisasi didefinisikan sebagai jumlah momen magnetik total dalam sampel dibagi volume sampel. Satuan dari magnetisasi adalah emu/cm^3 . Hasil perhitungan magnetisasi untuk beberapa sampel ditampilkan dalam Tabel 1 :

Tabel 1. Magnetisasi

Komposisi (%)	Magnetisasi (emu/cm^3)
10	1085,328917
13	999,4189251
16	913,5089332
22	741,6889496
35	398,0489822
40	226,2289986

Grafik hubungan antara magnetisasi terhadap komposisi sampel CoSm ditampilkan pada Gambar 5 berikut ini :



Gambar 5. Grafik magnetisasi

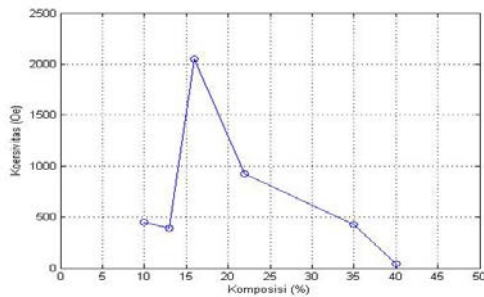
Dari grafik dapat dilihat bahwa ekstrapolasi dari grafik linier untuk $x = 0$ (jumlah samarium dalam sampel = 0), maka memberikan nilai magnetisasi cobalt murni (pure Cobalt). Nilai magnetisasinya adalah 1220 emu/cm^3 , nilai ini mendekati nilai literatur yaitu 1280 emu/cm^3 . Nilai yang diperoleh lebih kecil dibandingkan nilai literatur, ini disebabkan oleh kerapatan dari sampel yang lebih kecil dibandingkan bulk cobalt.

Nilai koersivitas dari lapisan tipis CoSm tersebut yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. koersivitas

Komposisi (%)	Hc (Oe)
10	448,8189
13	393,86515
16	2052,1655
22	922,40805
35	424,70475
40	41,010535

Gambar 6. berikut ini menunjukkan grafik hubungan antara komposisi sampel dibuat dengan H koersivitas.



Gambar 6. Grafik koersivitas

Dari gambar diatas dapat dilihat dengan jelas bahwa nilai koersivitas dari lapisan tipis naik pada campuran Samarium 10% sampai 16% dan menurun sampai komposisi 40%. Penurunan nilai koersivitas ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah atom samarium dalam yang dicampurkan kedalam sampel. Penambahan jumlah atom samarium mengakibatkan berkurangnya interaksi antar partikel magnetik yang disebabkan

oleh sifat dari samarium yang merupakan bahan non magnetik. Nilai maksimum dari koersivitas yaitu 2052,1655 Oe adalah berasal dari komposisi $\text{Co}_{84}\text{Sm}_{16}$. Komposisi ini adalah mendekati Co_5Sm yang merupakan alloy yang memiliki anisotropy energi paling tinggi yaitu $17,2 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ (Erkovan, 2003).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dua buah program komputer telah berhasil dibuat dengan menggunakan MATLAB R2015a.
2. Hasil perhitungan interaksi antar nanopartikel magnetik menunjukkan nilai interaksi bernilai positif kecuali pada samarium 16% nilai interaksi negatif yaitu -0,4 Arb.Unit, artinya bahwa interaksi berasal dari sifat dipolar.
3. Nilai magnetisasi dari lapisan tipis pada setiap komposisi menurun secara linier dari komposisi 10% sampai 40% yaitu dari $1085,33 \text{ emu/cm}^3$ sampai $226,23 \text{ emu/cm}^3$. Penurunan nilai magnetisasi ini disebabkan oleh lebih banyak atom samarium yang sampai di substrat yang merupakan atom – atom non magnetik.
4. Nilai koersivitas dari lapisan tipis naik seiring dengan penambahan komposisi samarium dengan nilai maksimum pada komposisi samarium 16% yaitu 2052,17 Oe. Penambahan nilai komposisi samarium diatas 20% menyebabkan turunnya nilai koersivitas, ini mengakibatkan berkurangnya interaksi antar nanopartikel magnetik pada sampel.

SARAN

Program komputer ini dibuat hanya untuk menentukan interaksi antar nanopartikel magnetik dan magnetisasi dalam lapisan tipis cobalt-samarium. Oleh

karena itu, untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat dikembangkan lagi, seperti melakukan perhitungan parameter magnetik lainnya seperti resistivitas, permeabilitas, susceptibilitas dan sebagainya untuk berbagai lapisan tipis.

DAFTAR PUSTAKA

- Afza, Erini. 2011. *Pembuatan Magnet Permanen Ba-Hexa Ferrite (BaO.6Fe) dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya*. Universitas Sumatera Utara.
- Didana, Hera. 2012. *Pengaruh Tekanan Sputtering terhadap Interaksi Butiran Magnetik dalam Lapisan Tipis Cobalt-Samarium*. Skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Doerner, M. F., Tang,, K., Arnol Dussen, T., Zeng,, H., Toneyand, M. F., Weller, D., 2000. "Study of Perpendicular Recording Media" IEEE Trans. Magn., 36.
- Erlinawati. 2012. *Pengaruh Ketebalan Lapisan Tipis Cobalt-Samarium (Cosm) Terhadap Interaksi Partikel Magnetik*. Skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Erwin, A. 2004. *Magnetic and Microstructural Properties of CoSm Alloy and Multilayer Thin Film*. Institute for Material Research University of Salford, UK
- Erwin, A. 2013. *Efek Annealing Temperature Terhadap Sifat Magnetik dan Struktur Multilapisan Tipis Cobalt- Samarium*. Indonesian Journal of Applied Physics, vol.3 No.1 hal 93.
- Erkovan, M., Ocal, M. T., Ozturk, O.2003. *Tuning Magnetic Properties Polycrystalline of PtCo Alloys Films with Pt*. TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey), Turkey.
- Kelly, P. E., K. O'Grady, P.I. Mayo, R.W. Chantrell. 1989. "Interaction In Longitudinal Recording Media" IEEE Trans. Magn,25,3881.