

Analisis Sifat Magnetik Kalsium Ferit yang Disintesis Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk

Rahmad Rinanda*, Dwi Puryanti

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 3 Januari 2020
Direvisi: 7 Januari 2020
Diterima: 10 Januari 2020

Kata kunci:

kalsium ferit
metalurgi serbuk
Fe₂O₃
CaCO₃

Keywords:

calcium ferrite
powder metallurgy
Fe₂O₃
CaCO₃

Penulis Korespondensi:

Rahmad Rinanda
Email: rinandarahmad17@gmail.com

ABSTRAK

Sintesis kalsium ferit telah dilakukan dengan metode metalurgi serbuk. Kalsium ferit dihasilkan dari bahan dasar Fe₂O₃ hasil oksidasi dari pasir besi dan CaCO₃ yang diproduksi oleh Merck. Variasi persentase massa CaCO₃ yang digunakan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Variasi persentase massa CaCO₃ dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat magnet sampel yang dihasilkan. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Vibrating Sampel Magnetometer* (VSM). Hasil pola difraksi dengan XRD menunjukkan fasa kalsium ferit (Ca-Fe-O) yang terindikasi dari pola puncak XRD antara lain CaFe₂O₄ dan CaFe₄O₇ pada persentase massa 5% dan 10%. Sifat magnetisasi saturasi (*M_s*) yang dihasilkan dari karakterisasi VSM yaitu 0,58 em/g pada persentase massa 5% dan 0,68 em/g pada persentase massa 10%. Magnetisasi remanen (*M_r*) yang dihasilkan pada persentase massa 5% yaitu 0,23 em/g dan pada persentase massa 10% yaitu 0,24 em/g. Nilai medan koersivitas (*H_c*) yang berada pada range 19936 A/m hingga 30303 A/m.

Research on daily rainfall predictions have made by using artificial neural networks with some backpropagation and radial basis training functions. This study used daily rainfall data from the Meteorology Climatology and Geophysics Agency in Class II of the Minangkabau International Airport Padang Pariaman from 2008 to 2018. The purposes of the study is to compare the predicted performance of rainfall in Backpropagation and Radial Neural Networks and determine which one the best artificial neural network architecture for rainfall predictions at Minangkabau International Airport is. For the backpropagation method, optimization is performed on the number of hidden layers, the number of neurons in the hidden layer, the transfer function, the training function and the amount of input data on the training data. For the radial basis optimization method is performed on the number of hidden layer neurons, the amount of input data on the training data and the spread value. From this study found the best results for the backpropagation method were obtained with trainlm and architectural training functions (60-70-6-1) with a prediction accuracy level of 86.4876%. The best results for the radial basis method by value of a spread is 0.01 with architecture (60-120-1) and a predictive accuracy rate of 95.3107%. Thus the best method for the prediction of daily rainfall in the area of the Minangkabau International Airport is the radial basis method.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Ferit merupakan material magnet yang tersusun dari oksida yang mengandung ion ferit sebagai komponen utama. Pada umumnya ferit mempunyai struktur kristal kubik yang berbentuk spinel. Sifat magnetik dihasilkan dari interaksi ion-ion logam yang menempati posisi tertentu yang berdekatan dengan ion oksigen pada struktur oksida. Ferit termasuk material keramik, berwarna abu-abu gelap (hitam), sangat keras dan rapuh. Proses pembentukan keramik ferit dilakukan dengan mencampur bahan dasar yang berbentuk serbuk melalui proses sintering (Snelling, 1988).

Bahan magnet berbasis ferit ini terus dikembangkan agar memiliki daya saing yang tinggi. Salah satu cara untuk peningkatan daya saing diantaranya dengan pengembangan pembuatan magnet komposit dari bahan campuran ferit dengan bahan lainnya, agar diperoleh sifat-sifat yang diinginkan untuk aplikasi tertentu. Salah satu bahan magnet berbasis ferit yang bisa dikembangkan yaitu kalsium ferit. Metoda-metoda yang digunakan untuk sintesis kalsium ferit diantaranya metode sol gel, kopresipitasi, auto-combustion dan percampuran basah. Bahan ferit lain yang banyak digunakan diantaranya adalah $MnFe_2O_4$, $NiFe_2O_4$, $ZnFe_2O_4$, $CoFe_2O_4$, dan $Cu_2Fe_2O_4$ (Mastuki dkk., 2012).

Bahan dasar pembuatan magnet kalsium ferit adalah hematit ($\alpha-Fe_2O_3$) yang diperoleh dari proses oksidasi magnetit (Fe_3O_4) yang dipanaskan pada temperatur $700\text{ }^{\circ}C$ selama 3 jam, ditandai dari perubahan warna menjadi kecoklatan. Magnetit (Fe_3O_4) banyak terdapat di alam, salah satunya yaitu batuan besi yang terdapat di wilayah Surian, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Kandungan di dalam pasir besi, diantaranya magnetit (Fe_3O_4), ilmenite ($FeTiO_3$) dan hematit ($\alpha-Fe_2O_3$) (Basith dkk., 2012)

Penelitian mengenai kalsium ferit telah dilakukan oleh Smith dkk., (2010) yang menghasilkan $Ca_2Fe_2O_5$ yang merupakan material tipe-p termoelektrik dan berstruktur tetrahedral. $Ca_2Fe_2O_5$ dihasilkan dengan mencampur $CaCO_3$ dengan Fe_2O_3 yang disinter pada suhu $1300\text{ }^{\circ}C$. Mastuki dkk., (2012) telah melakukan sintesis dan karakterisasi kalsium ferit menggunakan pasir besi dan batu kapur dengan variasi suhu dari $800\text{ }^{\circ}C$, $900\text{ }^{\circ}C$, dan $1000\text{ }^{\circ}C$. Hasil yang diperoleh menunjukkan terbentuknya fasa Fe_2O_3 tertinggi pada suhu $900\text{ }^{\circ}C$.

Sulaiman dkk., (2018) telah melakukan penelitian kalsium ferit dengan metode kopresipitasi dan auto-combustion. Penelitian lain mengenai kalsium ferit juga telah dilakukan oleh Khanna dan Verma (2013) dengan metode sol gel. Didapatkan nilai magnetisasi saturasinya $0,85\text{ emu/g}$ yang dikalsinasi pada suhu $900\text{ }^{\circ}C$. Sintesis magnet pada suhu $900\text{ }^{\circ}C$ berbentuk butir dan menunjukkan karakteristik campuran ferrimagnetik dan paramagnetik. Sedangkan nilai magnetisasi saturasi yang dikalsinasi pada suhu $500\text{ }^{\circ}C$ yaitu $37,67\text{ emu/g}$. Sintesis magnet pada suhu $500\text{ }^{\circ}C$ berbentuk bola dan menunjukkan karakteristik superparamagnetik.

Penelitian yang dilakukan ini yaitu sintesis kalsium ferit dengan metode metalurgi serbuk dengan variasi massa $CaCO_3$. Pemilihan metoda ini dikarenakan lebih mudah dan ekonomis karena tidak ada material yang terbuang selama pembuatan. Selanjutnya akan dilihat pengaruh variasi konsentrasi massa $CaCO_3$ terhadap sifat magnetik kalsium ferit.

II. METODE

Bahan-bahan yang digunakan yaitu pasir besi, kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan aquades. Adapun alat-alat yang digunakan adalah *X-Ray Diffractometer* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), timbangan digital, ayakan 200 mesh, ball milling, mortal dan lumpang, gelas ukur, gelas kimia, alumina, spatula dan magnet permanen.

2.1 Pemisahan Mineral Magnet Pasir Besi

Sampel batuan besi diperoleh dari daerah Surian Kabupaten Solok (Andani, 2010). Pengolahan diawali dengan mencuci pasir besi dengan aquades. Setelah pasir besi dicuci, kemudian digunakan ball milling agar dihasilkan serbuk pasir besi yang lebih halus. Pasir besi diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh sehingga menghasilkan serbuk besi berukuran $\leq 74\text{ }\mu m$.

2.2 Sintesis Hematit

Serbuk besi yang telah diayak, dicuci dan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur $100\text{ }^{\circ}C$ selama 1 jam. Serbuk besi yang telah kering dipisahkan menggunakan magnet permanen untuk disintesis menjadi hematit. Serbuk magnetik yang telah didapatkan lalu dikalsinasi dengan furnace pada temperatur $700\text{ }^{\circ}C$ selama 3 jam untuk menghasilkan hematit.

2.3 Sintesis Magnet Kalsium Ferit

Hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) hasil oksidasi dicampur dengan kalsium karbonat (CaCO_3). Agar bahan baku tercampur dengan rata, campuran hematit dengan kalsium karbonat digerus menggunakan lumpung, kemudian disintering pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam (Mastuki dkk., 2012). Variasi persentase massa kalsium ferit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi persentase massa kalsium ferit

Persentase (%) CaCO_3	CaCO_3 (gr)	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (gr)
5	1	19
10	2	18
15	3	17
20	4	16
25	5	15
30	6	14

2.4 Karakterisasi Kalsium Ferit

2.4.1 X-Ray Diffractometer (XRD)

Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang. Sampel berupa serbuk yang dianalisa dengan teknik difraksi sinar-X menggunakan monokromator grafit radiasi Cu-K α . Data XRD yang dihasilkan berupa difraktogram yang dapat menentukan struktur kristal dan fase kalsium ferit yang dihasilkan.

2.4.2 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

Karakterisasi sifat magnet kalsium ferit menggunakan VSM dilakukan Badan Teknologi Atom Nasional (BATAN), Serpong. Dari analisa ini akan diperoleh besaran-besaran sifat magnetik seperti magnetisasi saturasi (M_S), magnetisasi remanen (M_R), medan koersivitas (H_C), suseptibilitas magnetik (χ_i) dan Permeabilitas magnetik (μ_i) sebagai akibat perubahan medan magnet yang digambarkan pada kurva histerisis.

III. HASIL DAN DISKUSI

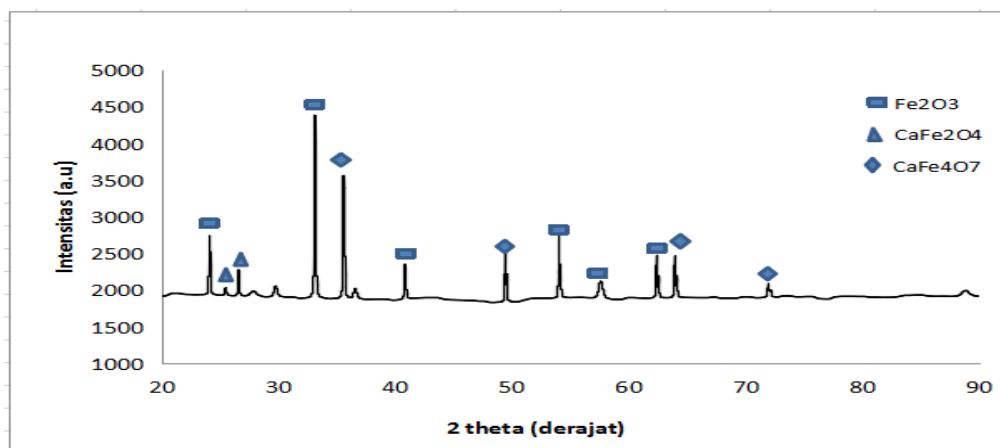
Difraktogram sinar-X yang dihasilkan menunjukkan pola difraksi sinar-X hasil sintesis kalsium ferit pada konsentrasi massa kalsium karbonat 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Gambar 1 memperlihatkan pola difraksi sinar-X pada sampel kalsium ferit yang mempunyai konsentrasi massa CaCO_3 5%. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa terdapat 12 peak yang memiliki 3 fasa yaitu Ca-Fe-O (CaFe_2O_4 , CaFe_4O_7) dan Fe_2O_3 . Dapat dilihat pola difraksi sinar-X yang dihasilkan menunjukkan bahwa puncak Fe_2O_3 lebih dominan dari puncak CaFe_2O_4 dan CaFe_4O_7 . Hasil yang sama juga diperoleh oleh Mastuki dkk., (2012) yang mensintesis kalsium ferit dari pasir besi dan batu kapur alam.

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh bahwa komposisi fasa yang terbentuk terdiri atas 4,41% CaFe_2O_4 yang didasarkan pada puncak-puncak sudut difraksi $25,48^\circ$ dan $26,59^\circ$. Fasa CaFe_4O_7 terbentuk pada sudut difraksi $35,59^\circ$, $49,44^\circ$, $63,97^\circ$ dan $71,98^\circ$ sebanyak 35, 93%. Fasa (Fe_2O_3) terbentuk pada sudut difraksi $24,12^\circ$, $33,13^\circ$, $40,84^\circ$, $54,05^\circ$, $57,59^\circ$ dan $62,41^\circ$ sebanyak 59,66% yang memiliki struktur kristal orthorombic dengan parameter kisi $a = 9,2281\text{ \AA}$, $b = 10,750\text{ \AA}$ dan $c = 3,0185\text{ \AA}$.

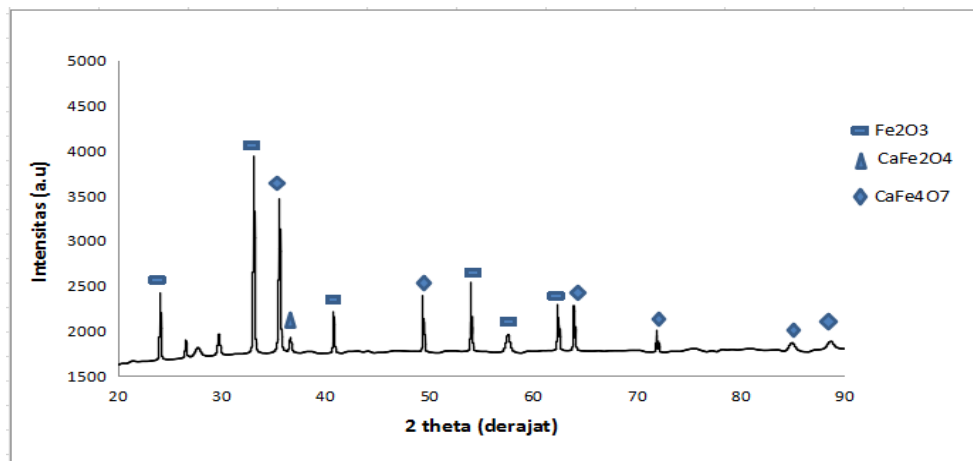
Gambar 2 memperlihatkan pola difraksi sinar-X pada sampel kalsium ferit yang mempunyai konsentrasi massa CaCO_3 10%. Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat 13 peak yang memiliki 3 fasa yaitu Ca-Fe-O (CaFe_2O_4 , CaFe_4O_7) dan Fe_2O_3 . Kehadiran fasa CaFe_2O_4 tampak semakin berkurang dibandingkan pada variasi persentase massa CaCO_3 5% sedangkan kehadiran fasa CaFe_4O_7 semakin bertambah dibandingkan dari pada variasi persentase massa CaCO_3 5%.

Berdasarkan analisis diperoleh bahwa komposisi fasa yang terbentuk terdiri atas 6,36% CaFe_2O_4 yang didasarkan pada puncak-puncak sudut difraksi $36,62^\circ$. Fasa CaFe_4O_7 terbentuk pada sudut difraksi $35,57^\circ$, $49,42^\circ$, $63,94^\circ$, $71,92^\circ$, $84,89^\circ$ dan $88,59^\circ$ sebanyak 39,66%. Fasa hematit (Fe_2O_3) terbentuk pada sudut difraksi $24,09^\circ$, $33,11^\circ$, $40,80^\circ$, $54,03^\circ$, $57,55^\circ$ dan $62,39^\circ$ sebanyak

58,63% yang memiliki struktur kristal orthorombic dengan parameter kisi $a = 9,2300 \text{ \AA}$, $b = 3,0240 \text{ \AA}$ dan $c = 10,7050 \text{ \AA}$.



Gambar 1 Pola difraksi sampel kalsium ferit pada konsentrasi massa CaCO_3 5%.



Gambar 2 Pola difraksi sampel kalsium ferit pada konsentrasi massa CaCO_3 10%

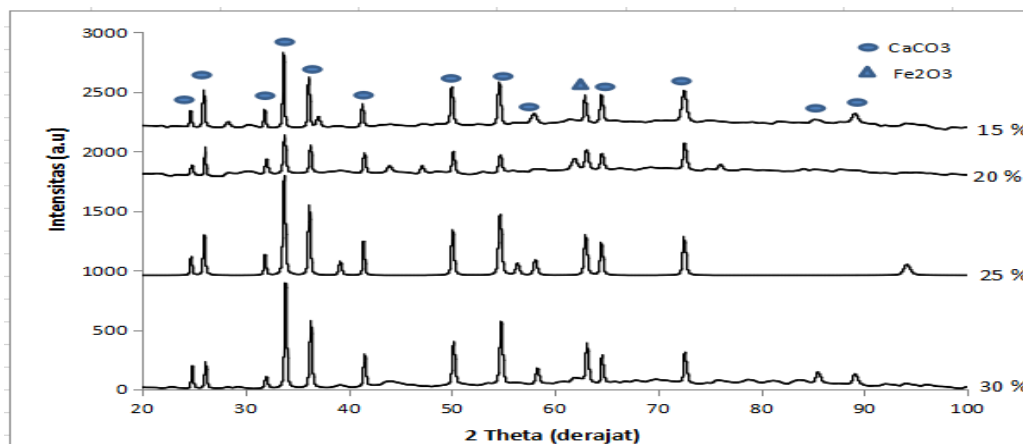
Dari Gambar 1 dan Gambar 2 tidak terbentuk fasa kalsium ferit (Ca-Fe-O) 100% karena metode pencampuran yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya metode pencampuran yang digunakan yaitu wet mixing, dimana pencampuran serbuk menggunakan larutan kimia dan pada penelitian ini, pencampuran serbuk Fe_2O_3 dengan CaCO_3 tanpa menggunakan larutan kimia, hal ini mungkin mengakibatkan campuran tidak merata sehingga fasa kalsium ferit (Ca-Fe-O) tidak terbentuk maksimal.

Gambar 3 memperlihatkan pola XRD sampel kalsium ferit dengan perbandingan persentase massa CaCO_3 15%, 20%, 25% dan 30%. Pada sampel dengan konsentrasi massa CaCO_3 15% dapat dilihat bahwa terdapat 14 peak yang memiliki 2 fasa yaitu kalsium karbonat CaCO_3 dan hematit (Fe_2O_3). Dapat dilihat pola difraksi sinar-X yang dihasilkan tersebut, puncak CaCO_3 lebih dominan dari Fe_2O_3 .

Pada sampel dengan konsentrasi massa CaCO_3 20% dapat dilihat bahwa terdapat 15 peak yang memiliki 2 fasa yaitu kalsium karbonat CaCO_3 dan Fe_2O_3 . Fase Fe_2O_3 dan CaCO_3 lebih banyak muncul dibandingkan pada konsentrasi massa CaCO_3 15%. Pada sampel dengan konsentrasi massa CaCO_3 25% dan 30% juga terdapat 2 fase yang terbentuk yaitu kalsium karbonat CaCO_3 , hematit Fe_2O_3 .

Gambar 3 memperlihatkan bahwa tidak ditemukan sama sekali fase kalsium ferit (CaFe_2O_4 dan CaFe_4O_7). Hal ini disebabkan karena konsentrasi CaCO_3 yang meningkat sehingga terjadi over addition dan bahan tidak bereaksi sempurna, karena semakin banyak zat additif yang ditambahkan

maka akan terjadi penggumpalan yang dapat menghambat pertumbuhan kristal kalsium ferit (Samariya dkk., 2012 ; Nugraha dkk., 2015).



Gambar 3 Pola XRD sampel kalsium ferit perbandingan persentase massa CaCO_3 15%, 20%, 25% dan 30 %

Gambar 4 memperlihatkan kurva histerisis dari karakteristik VSM untuk sampel dengan konsentrasi massa CaCO_3 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Dari kurva histerisis dapat ditentukan sifat magnetik diantaranya adalah magnetisasi saturasi (M_S), medan koersivitas (H_C), magnetisasi remanen (M_R), suseptibilitas magnet (χ_i) dan permeabilitas magnet (μ_i).

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa sampel dengan variasi persentase massa CaCO_3 10% merupakan kurva yang paling tipis. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki nilai koersivitas yang paling kecil yaitu sebesar 19936 A/m. Nilai koersivitas merupakan besaran magnetik yang berhubungan dengan mudah atau tidaknya magnetisasi pada suatu bahan dihilangkan.

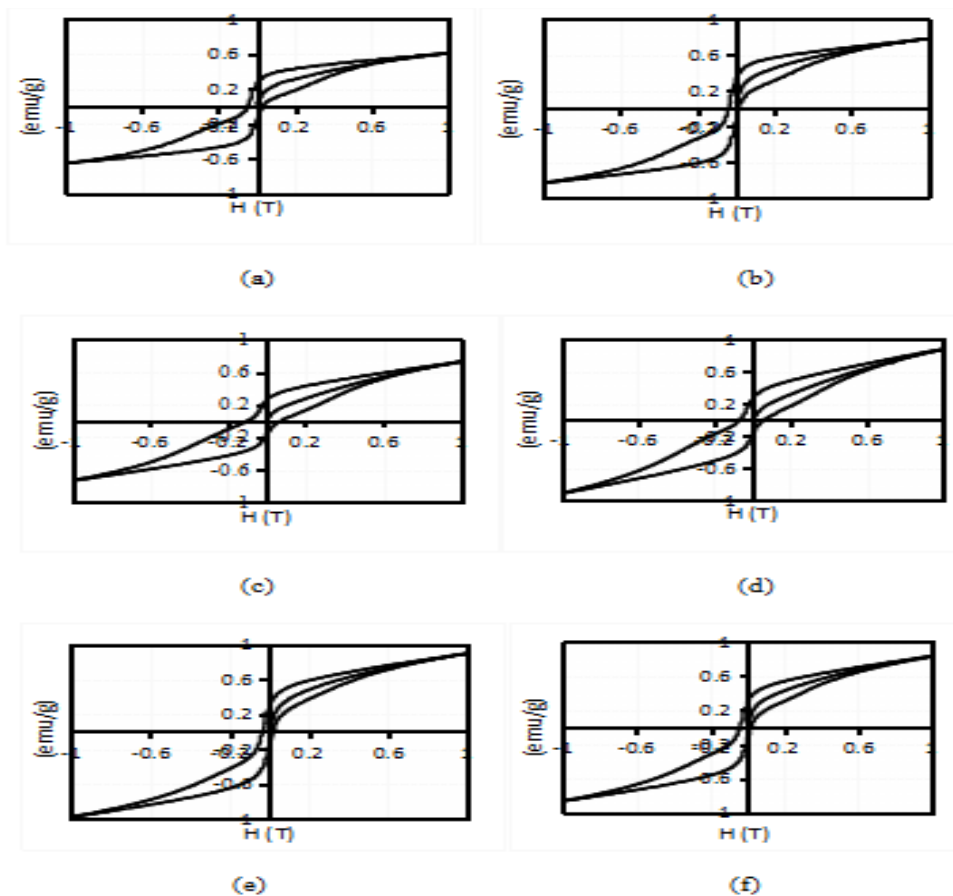
Berdasarkan analisis nilai magnetisasi remanen dan medan koersivitas dapat dilihat bahwa nilai magnetisasi remanen tidak terjadi perubahan yang signifikan, sedangkan pada medan koersivitas terjadi perubahan yang signifikan. Hal ini membuat bahwa ke enam sampel memiliki kemampuan menyimpan medan magnetik yang hampir sama, tetapi kemampuan untuk mempertahankan medan magnetiknya berbeda.

Nilai magnetisasi saturasi juga tidak mengalami perubahan yang signifikan, akan tetapi mengalami kenaikan setiap penambahan konsentrasi persentase massa CaCO_3 , kecuali pada persentase massa CaCO_3 30% mengalami penurunan nilai. Batas maksimum terjadinya kenaikan nilai magnetisasi saturasi hanya sampai pada konsentrasi persentase massa CaCO_3 25%.

Tabel 2 memperlihatkan nilai magnetisasi saturasi (M_S), magnetisasi remanen (M_R), Medan koersivitas (H_C), suseptibilitas magnet (χ_i) dan Permeabilitas Magnet (μ_i) untuk sampel dengan konsentrasi massa CaCO_3 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%.

Tabel 2 Nilai magnetisasi saturasi (M_S), magnetisasi remanen (M_R), medan koersivitas (H_C), suseptibilitas magnet (χ_i) dan permeabilitas magnet (μ_i)

Konsentrasi CaCO_3	$M_S (\pm 0,05)$ emu/g	$M_R (\pm 0,05)$ emu/g	H_C ($\pm 0,50$ A/m)	χ_i ($\pm 0,05$)	μ_i ($\pm 0,05$)
CaCO_3 5%	0,58	0,23	30.303	1,30	17,28
CaCO_3 10%	0,68	0,24	19.936	1,85	24,19
CaCO_3 15%	0,70	0,25	50.877	2,42	31,40
CaCO_3 20%	0,71	0,26	44.338	2,89	37,24
CaCO_3 25%	0,85	0,29	20.653	5,25	66,89
CaCO_3 30%	0,73	0,27	22.488	5,34	68,08



Gambar 4 Kurva histerisis sampel kalsium ferit pada konsentrasi (a) CaCO_3 5%, (b) CaCO_3 10%, (c) CaCO_3 15%, (d) CaCO_3 20%, (e) CaCO_3 25%, (f) CaCO_3 30%

Tabel 2 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya konsentrasi CaCO_3 yang diberikan pada sampel, berpengaruh pada besarnya nilai Magnet Saturasi (M_S) dan Magnet Remanen (M_R). Terlihat terjadi peningkatan nilai Magnet Saturasi (M_S) dan Magnet Remanen (M_R) setiap penambahan konsentrasi CaCO_3 . Nilai Magnet Saturasi (M_S) dan Magnet Remanen (M_R) tertinggi terdapat pada konsentrasi CaCO_3 25%. Suseptibilitas Magnet (χ_i) dan Permeabilitas Magnet (μ_i) juga meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi CaCO_3 . Dari nilai medan koersivitas (H_C) yang diperoleh dalam range (19936 – 50877 A/m) maka bahan magnetik yang diteliti termasuk diantara material magnetik lunak dan material magnetik keras. Hal ini dikarenakan nilai yang diperoleh berada diantara material magnetik lunak dengan (H_C) bernilai 10^3 A/m dan magnetik keras dengan (H_C) bernilai 2×10^6 A/m. Aplikasi bahan magnetik yang diteliti ini sesuai untuk bahan perekam magnetik (O’Handley, 2000).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan dengan melihat pengaruh variasi persentase massa CaCO_3 terhadap sifat magnet kalsium ferit (Ca-Fe-O) yang dihasilkan, maka didapat kesimpulan bahwa fase kalsium ferit (Ca-Fe-O) yang dihasilkan yaitu CaFe_2O_4 dan CaFe_4O_7 , yang terbentuk pada persentase massa CaCO_3 5% dan 10%. Nilai M_S dan M_R meningkat pada persentase massa CaCO_3 5%-10%. Nilai suseptibilitas magnet (χ_i) pada persentase massa CaCO_3 5% dan 10% yaitu 1,30 dan 1,85 sedangkan permeabilitas magnet (μ_i) pada persentase massa CaCO_3 5% dan 10% yaitu 17,28 dan 24,19 yang menunjukkan bahan ini tergolong dalam bahan ferromagnetik. Nilai (H_C) pada persentase massa CaCO_3 5% dan 10% yaitu 19936 A/m hingga 30303 A/m yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi perekam magnetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andani, D., “Pengaruh PEG-2000 Terhadap Ukuran Partikel Fe_3O_4 Yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi”, Skripsi, Universitas Andalas, (2010).
- Junaidi, A., Amin, S., “Pengembangan Metode Pembuatan Elektroda Tembaga-Karbon dengan Metode Metalurgi Serbuk”, *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 15(2), 68-77, (2013).
- Khanna, L., Verma, N.K., “Size-Dependent Magnetic Properties of Calcium Ferrite Nanoparticles”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 336, 1-7, (2013).
- Mastuki., Baqiya, M.A., Darminto., “Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Ferit Menggunakan Pasir Besi dan Batu Kapur”, *Jurnal Sains dan Seni*, 1(1), 76-80, (2012).
- Nugraha, R.P., Widanarto, W., Cahyanto, T.W., Kuncoro, S.H., “Pengaruh Aditif BaCO_3 Pada Kristalinitas dan Suseptibilitas Barium Ferit dengan Metoda Metalurgi Serbuk”, *Jurnal Berkala Fisika*, 18(1), 43-50, (2015).
- O’Handly, R.C., “Modern Magnetic Materials Principles And Applications”, John Wiley & Sons, Canada, (2000).
- Samariya, A., Dolia, N.S., Prasad, S.A., Sharma, K.P., Pareek, P.S., Dhawan, S.M., Khumar, S., “Size Dependent Structural and Magnetic Behavior of CaFe_2O_4 ”, *Current Applied Physics*, 13, 830-835, (2012).
- Smith, A.E., N, Indunil., Lokuhewa., Edwards, D., “P-Type Thermoelectric Properties of The Oxygen-Deficient Perovskite $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ in The Brownmillerite Structure”, *Journal of Solid State Chemistry*, 183, 1670-1677, (2010).
- Snelling, E.C., “Soft Ferrites Properties and Applications”, Second Edition, London, Butterworths, (1988).
- Sulaiman NH., M.J Ghazali., Yunas, J., Rajabi, A., Majlis, B.Y., Razali, M., “Synthesis and Characterization of CaFe_2O_4 Nanoparticles and Via Co-Precipitation and Auto Combustion Methods”, *Ceramic International*, 44, 46-50, (2018).