



Sintesis Material Magnet Ba(Fe,Co,Zn)₁₂O₁₉ Sebagai Aplikasi Penyerap Gelombang Mikro

Serafim Christina

Pascasarjana Pendidikan Matematika dan IPA, Universitas Indraprasta PGRI

Jl. Nangka Raya No. 58C, RT.7/RW.5, Tj. Bar., Kec. Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12530.

Telp. (021)-7818718

Korespondensi penulis : serafim7christina@gmail.com

Abstract Barium hexaferrite magnet is one of ferrite magnet which is mostly used as a magnetic storage. Barium hexaferrite is well-known as a permanent magnet material with good magnetic properties such as coercivity value and relatively large magnetization. In this research has been carried out the magnetic material of Barium M-Hexaferrite BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO₁₉ has been done synthesis with mechanical milling method. Basic materials used in the synthesis of BaCO₃, Fe₂O₃, Co₃O₄, ZnO doped with variation of mol fraction substitution Co and Zn in the amount of $x = 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1$. Then mixing process was carried out for 1 hour in mixing media alcohol 70% and some of ball mill. Pressing process was carried out powder added some glue and given press force with weight 4.5 ton product a pellet with diameter 20 mm and thickness 2.5 mm. Next that mixture dried at temperature 120°C during 1 hour, calcination at temperature 750°C during 3 hours until got powder BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO₁₉. Sintered process at temperature 1100°C and keep it as long as 5 hours in order happened reaction and then milling 0, 5, 10 and 30 hours. Results of XRD characterization identification that the peaks of barium ferrite crystal with a hexagonal crystal system and has single phase BaFe₁₂O₁₉ with doping concentration of $x=0.25$. The hysteresis curve from results of permagraph characterization shows that coercivity value decreased in the sample with doping concentration $x=1$. Analysis material absorber from VNA show the optimum value Reflection Loss for $x=0$ is -25.15 at 9.25 GHz.

Keywords. Barium M-Hexaferrite, mechanical milling, coercivity, reflection loss.

Abstrak Magnet barium heksaferit merupakan bagian dari material magnet ferrite yang banyak digunakan sebagai penyimpanan magnetik. Barium heksaferit dikenal sebagai material magnet permanen dengan sifat magnetik yang baik seperti nilai koersivitas dan magnetisasi yang relatif besar. Dalam penelitian ini material magnet Barium M-Heksaferrit BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO₁₉ telah disintesis dengan metode *mechanical milling*. Bahan dasar yang digunakan dalam sintesis adalah BaCO₃, Fe₂O₃, Co₃O₄, ZnO terdoping dengan variasi fraksi mol substitusi ion Co dan Zn sebesar $x=0; 0.25; 0.5; 0.75; 1$. Kemudian dicampur selama 1 jam dalam media pencampuran cairan alkohol 70% dan *ball mill*. Pada proses pencetakan, masing-masing sampel ditambahkan bahan perekat dan ditekan dengan tekanan 4.5 ton menghasilkan pellet diameter 20 mm ketebalan 2,5 mm. Lalu campuran dikeringkan pada temperatur 120°C selama 1 jam, dikalsinasi pada temperatur 750°C selama 3 jam sehingga diperoleh serbuk BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO₁₉. Lalu diberikan perlakuan proses sintering pada temperatur 1100°C dan ditahan selama 5 jam agar terjadi reaksi lalu dimilling 0, 5, Hasil karakterisasi XRD teridentifikasi oleh puncak-puncak kristal barium ferit dengan sistem kristal heksagonal dan memiliki fasa tunggal BaFe₁₂O₁₉ dengan konsentrasi doping $x=0.25$. Kurva histeresis hasil karakterisasi permagraph menunjukkan nilai koersivitas menurun pada sampel dengan konsentrasi doping $x=1$.

Kata kunci. Barium M-Heksaferrit, *mechanical illing*, koersivitas, reflection loss.

Pendahuluan

Kemajuan terbaru dalam bidang elektronik dan telekomunikasi sungguh semakin pesat. Namun terdapat masalah yang merupakan akibat keluarannya yaitu menghasilkan intensitas frekuensi gelombang mikro yang tinggi. Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik yang berada pada jangkauan 0.3 – 300 GHz dengan panjang gelombang antara 1 mm – 1 m. Radar (*Radio Detection and Ranging*) merupakan teknologi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu sumber daya dengan panjang

gelombang tertentu. Ketika hal itu dengan pesat berkembang maka akan menjadi satu masalah serius yang timbul dari polusi oleh pembawa gelombang elektromagnetik yaitu *Electromagnetic Interference* (EMI).

Dibutuhkan teknologi untuk mengontrol EMI dengan adanya material yang mampu menyerap sinyal elektromagnetik. Material *ferrite* seperti Barium Heksaferrit merupakan senyawa yang efisien untuk tujuan penyerapan gelombang mikro karena memiliki nilai resistivitas yang tinggi sehingga tidak mengalami *lost energy* pada frekuensi yang relatif tinggi. Keunggulan lainnya adalah sifat *magnetocrystalline* anisotropi, temperatur *currie* yang relatif tinggi dan magnetik saturasi dengan tingkat yang cukup besar.

Senyawa magnetik banyak dikembangkan sebagai jawaban untuk mengontrol EMI adalah barium heksaferrit yang merupakan magnet permanen dengan daya guna yang baik dan harga yang lebih murah. Tipe dari barium heksaferrit yaitu tipe M ($BaFe_{12}O_{19}$), tipe W ($BaMe_2Fe_{12}O_{27}$), tipe X ($BaMe_2Fe_{28}O_{46}$), tipe Y ($Ba_2Me_2Fe_{12}O_{22}$), tipe Z ($Ba_3Me_2Fe_{24}O_{41}$) dan tipe U ($Ba_4Me_2Fe_{36}O_{60}$), dengan Me adalah logam transisi bivalen.

Penelitian dari Sl'ama dkk, material Barium Heksaferrit tipe-M dan tipe-W merupakan material yang efisien dalam menyerap gelombang mikro. Barium Heksaferrit tipe-M ($BaFe_{12}O_{19}$) memiliki magnetik saturasi (M_s) yang tinggi, medan koersivitas (H_c) yang besar dan anisotropi kristal yang kuat. Diantara material *ferrite*, Barium Heksaferrit tipe-M ($BaFe_{12}O_{19}$) memiliki medan koersivitas yang relatif tidak besar (H_c) sehingga senyawa tersebut juga berpeluang cukup baik untuk aplikasi media penyimpanan data (*magnetic recording*).

Berdasarkan penelitian Han-Shin Cho yang menyintesis Barium Heksaferrit tipe-M dengan menyubstitusi ion Ti^{+4} dan Co^{+2} terhadap $BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO_{19}$. Menunjukkan bahwa magnetisasi jenuh menurun secara linear dengan substitusi Ti dan Co. Penurunan cepat H_c dengan substitusi $x=1.2$, sedangkan saat substitusi rasio $x=0.8$ kehilangan penyerapan yang sangat tinggi. Menunjukkan sifat magnetik dasar mempunyai hubungan kuat dengan dispersi frekuensi dan permeabilitas kompleks.

Selain itu telah dilakukan penelitian oleh Shama Puneet dengan hasil, material Barium Heksaferrit ($BaFe_{12-x}Mn_xO_{19}$) disubstitusi Mn terhadap Fe dengan metode *high ball milling* lalu pada suhu $1050^\circ C$ disintering. Hasil uji XRD untuk $x=2$ pada sampel *single phase* adalah punya fasa yang sama dengan Barium Heksaferrit. Untuk $x=0$ pada sampel Barium Heksaferrit murni adalah sedikit peak dari hematite.

Mengenai pengaruh ukuran partikel sudah dilakukan penelitian oleh Muh Pauzan, bahwa medan koersif (H_c) berbanding lurus terhadap kenaikan diameter nanopartikel magnetit (Fe_3O_4). Untuk itu, berdasarkan beberapa hasil penelitian di atas, maka pada penelitian ini akan disintesis barium heksaferrit akan disubstitusi ion Fe^{3+} oleh ion Co^{2+} dan Zn^{2+} menggunakan metode *mechanical alloying* dengan komposisi $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ untuk modifikasi substitusi atom Co dan Zn terhadap Fe dengan $x = 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1$ dan variasi lama waktu milling 0; 5 jam. Dengan itu mempengaruhi struktur dan sifat magnetik barium heksaferrit sebagai aplikasi penyerap gelombang mikro.

1. Metode Mechanical Alloying

Untuk mensintesis material barium ferrite terdapat beberapa teknik yaitu reaksi

hidrotermal, sol-gel, kristalisasi kaca, co-presipitasi dan *solid state reaction* [16]. Metode yang paling sering digunakan dalam membuat material magnetik adalah metode *solid state reaction* atau metode keramik dengan milling, karena dengan biaya yang relative murah dan mudah untuk dibuat.

Dengan milling yang dimaksud adalah untuk mencampur material atau memadu paduan yang homogen dan mengurangi ukuran butir dengan adanya variasi lama waktu milling. Hal lain yang mempengaruhi proses milling adalah rasio *ball mill* terhadap berat sampel, kecepatannya, waktunya dan ukuran *ball mill*.

Lalu *mechanical alloying* yang dimaksud adalah proses setelah dimilling, diberikan tekanan dan perlakuan panas, agar terbentuknya fasa yang diinginkan. Karena prinsipnya adalah serbuk material penyusun dipadukan secara mekanik sehingga memungkinkan diperoleh larutan padat dari paduan magnetik dengan fasa amorf.

2. Eksperimen

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen ini dilakukan untuk mensintesis material magnet barium heksaferit yang disubstitusi dengan ion Co^{2+} dan Zn^{2+} yang dilakukan dengan metode *Mechanical Alloying* variasi lama waktu 0, 5 jam dengan menggunakan alat *Planetary Mill*. Setelah memperoleh material magnet $Ba(Fe,Co,Zn)_{12}O_{19}$ dengan variasi $x = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ dan 1, kemudian sampel dikarakterisasi dengan *XRD (X-Ray Diffractometer)* untuk mengetahui ukuran partikel dengan melihat grafik fasa hasil sintesis material BaM yang telah disubstitusi dengan ion Co^{2+} dan Zn^{2+} . Dengan *VSM* untuk mengetahui sifat kemagnetan sampel yang telah disintesis dengan melihat kurva histerisis yang dihasilkan. Dengan *VNA (Vector Network Analyzer)* untuk mengetahui serapan gelombang mikro dengan nilai *RL (Reflection Loss)*. Akhir dari penelitian ini menghasilkan material magnet $Ba(Fe,Co,Zn)_{12}O_{19}$.

3. Teori/Perhitungan

Mengukur sifat serapan gelombang menggunakan *VNA (Vector Network Analyzer)* dengan interval frekuensi 8,2 – 12,4 GHz. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai frekuensi, S_{11} real dan S_{11} imajiner yang setelah itu dilakukan perhitungan dengan persamaan (2), (3) dan (4).

$$\sqrt{R} = \sqrt{(S_{11})^2 + S_{11}(i)^2} \quad (2)$$

$$RL = 20 \log (R) \quad (3)$$

Lalu hasil perhitungan diplot dalam kurva frekuensi dan *Reflection Loss*

4. Hasil

A.1 Preparasi Sampel $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$

Material barium heksaferit tersubstitusi ion Co dan Zn $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ untuk $x = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$ dengan massa 5 gram telah berhasil dibuat melalui metode *mechanical alloying*. Mencampur bahan dasar $BaCO_3$, Fe_2O_3 , Co_3O_4 dan ZnO menggunakan *ball mill* dan alkohol 70% dengan *milling* dalam *planetary mill* selama 1 jam. Lalu campuran dikeringkan pada temperatur $120^\circ C$ selama 1 jam, dikalsinasi pada temperatur $750^\circ C$ selama 3 jam. Setelah dikalsinasi serbuk digerus menggunakan mortar untuk siap ke tahap selanjutnya yaitu pencetakan. Proses pencetakan dengan beban 5 ton, sampel dan disintering selama 5 jam dengan temperatur $1100^\circ C$ kemudian dimilling dengan variasi waktu 0, 5, untuk memperkecil ukurannya. Selanjutnya di *annealing* dengan suhu $750^\circ C$ selama 1 jam.



Gambar 4. Preparasi material $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$

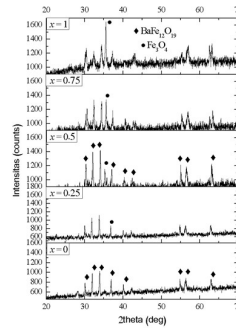


Gambar 5. Hasil preparasi sampel untuk karakterisasi

A.2 Hasil Pengukuran Difraksi Sinar – X terhadap Material Sintesis $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$

Hasil pengukuran karakterisasi uji XRD dengan sumber radiasi Cu ($K\alpha$) panjang gelombang $1,54\text{\AA}$ pada interval sudut $20^\circ - 100^\circ$ membentuk pola difraksi sinar-x dengan diperoleh nilai intensitas dan 2θ , seperti pada gambar 6.

Gambar 6. Pola difraksi sinar – $x BaFe_{12-2x} Co_x Zn_x O_{19}$



Dari gambar diatas dapat terlihat bahwa terbentuknya fasa yang dominan yaitu material barium heksaferit ($BaFe_{12}O_{19}$) juga adanya keberadaan fasa *magnetite* (Fe_3O_4) pada material $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ saat komposisi $x=0.25;0.5;0.75;1$.

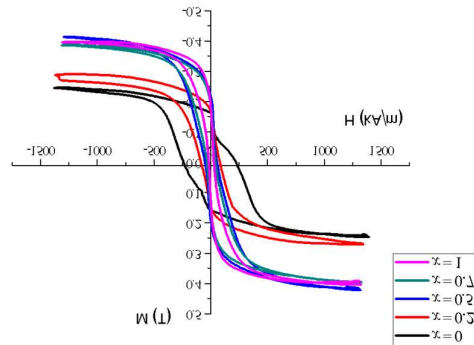
A.3 Hasil Pengukuran Sifat Magnetik Material Sintesis $BaFe_{12-2x} Co_x Zn_x O_{19}$

Mengukur sifat magnetik menggunakan *permagraph* yang memiliki medan magnet luar maksimal sebesar 1 Tesla. Data yang diperoleh adalah nilai medan magnet luar (H) dan nilai magnetisasi (M) dengan nilai sifat kemagnetan seperti medan koersivitas, magnetisasi remanen dan magnetisasi saturasi.

A.3.1 *Milling 0 jam*

Kurva histerisis yang didapat terlihat pada gambar dan didapatkan nilai-nilai sifat kemagnetan sampel pada tabel .

Gambar 7. Kurva Histerisis $BaFe_{12-2x} Co_x Zn_x O_{19}$ *milling 0 jam*

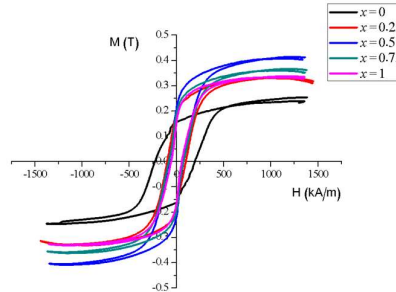


Tabel 3. Parameter sifat kemagnetan $BaFe_{12-2x} Co_x Zn_x O_{19}$ 0 jam waktu *milling*

Komposisi	$x = 0$	$x = 0.25$	$x = 0.5$	$x = 0.75$	$x = 1$
Ms (T)	0.24	0.27	0.41	0.39	0.4
Mr (T)	0.16	0.15	0.20	0.16	0.14
Hc (kA/m)	461.64	164.87	107.68	74.53	45.6

A.3.2 Setelah Milling 5 Jam

Kurva histerisis yang didapat terlihat pada gambar dan didapatkan nilai-nilai sifat kemagnetan sampel pada tabel .



Gambar 8. Kurva Histerisis $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ 5 jam waktu *milling*
Tabel 4. Parameter sifat kemagnetan $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ 5 jam waktu *milling*

Komposisi	$x = 0$	$x = 0.25$	$x = 0.5$	$x = 0.75$	$x = 1$
Ms (T)	0.25	0.33	0.41	0.37	0.34
Mr (T)	0.16	0.19	0.21	0.19	0.15
Hc (kA/m)	423.9	197.51	149.57	155.19	113.40

A.4 Hasil Pengukuran Sifat Penyerapan Gelombang Elektromagnetik terhadap Material Sintesis $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$

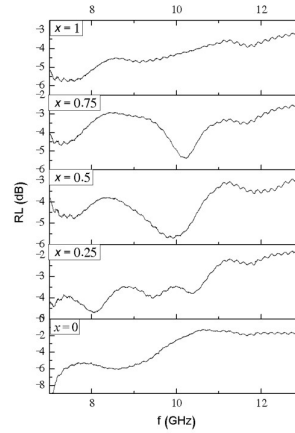
Mengukur sifat serapan gelombang menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*) dengan interval frekuensi 8,2 – 12,4 GHz. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai frekuensi, S11 real dan S11 imajiner yang setelah itu dilakukan perhitungan dengan persamaan (2), (3) dan (4).

$$R = \sqrt{(S11)^2 + S11(i)^2} \quad (R) \quad (2)RL = 20 \text{ Log} \quad (3)$$

Lalu hasil perhitungan diplot dalam kurva frekuensi dan *Reflection Loss*.

A.4.1 Milling 0 jam

Hasil pengukuran pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) adalah plotting grafik frekuensi dan RL (*Reflection Loss*) seperti ditunjukkan pada **gambar 11** dan didapatkan nilai – nilai frekuensi serapan pada nilai RL pada **tabel 7**.



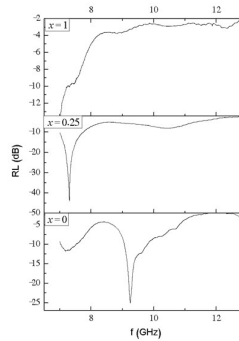
Gambar 11. Grafik RL $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ 0 jam waktu *milling*

Tabel 7. Frekuensi serapan pada RL, 0 jam waktu *milling*

Komposisi x	Frekuensi (GHz)	RL (dB)
0	8.54	-3.02
0.25	8.07	-4.70
	9.44	-4.02
	10.38	-3.80
0.5	9.91	-5.72
0.75	10.22	-5.36
1	9.08	-4.69
	11.83	-3.89

A.4.2 Milling 5 Jam

Grafik frekuensi dan RL (*Reflection Loss*) seperti ditunjukkan pada **gambar 12** dan didapatkan nilai – nilai frekuensi serapan pada nilai RL pada **tabel 8**.



Gambar 12. Grafik RL $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ 5 jam waktu *milling*

Tabel 8. Frekuensi serapan pada RL, 5 jam waktu *milling*

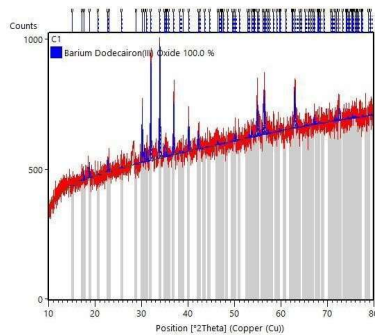
Komposisi x	Frekuensi (GHz)	RL (dB)
0	9.25	-25.15
0.25	7.301	-43.97
1	8.95	-3.67

Pembahasan

B.1 Pengaruh Substitusi Ion Co Zn pada Material Sintesis $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ terhadap Fasa Barium Heksaferrit

Sintesis pembentukan material magnet $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ dengan variasi banyaknya unsur Co dan Zn dianalisis secara kualitatif dengan difraksi sinar-x. Hasil pengukuran dibandingkan dengan referensi yang ada pada perangkat *High Score Plus* (HSP) untuk melihat puncak-puncak difraksi sinar-x. Pada perangkat *High Score Plus* terdapat tahapan *refinement* untuk mencocokkan antara data eksperimen dengan referensi yang akan menunjukkan nilai *chi-square*.

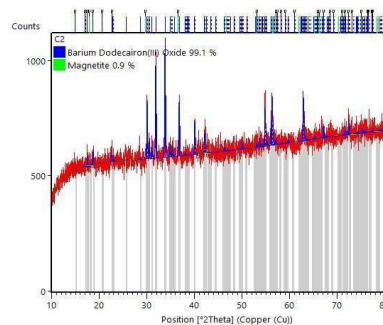
B.1.1 $x = 0$



Gambar 15. Refinement sampel $BaFe_{12}O_{19}$

Dari puncak-puncak pola difraksi sinar-x diperoleh informasi bahwa fasa yang terkandung dalam sampel yakni 100% $BaFe_{12}O_{19}$ dengan kecocokan referensi code ICSD 98-006-0984. Nilai *chi-square* yang diperoleh adalah 1.203. Memiliki parameter kisi $a=5.8842\text{\AA}$; $b=5.8842\text{\AA}$; $c=23.1855\text{\AA}$ dengan sudut $\beta=90^\circ$, struktur kristal hexagonal, densitas $5,31\text{ g/cm}^3$.

B.1.1 $x = 0.25$

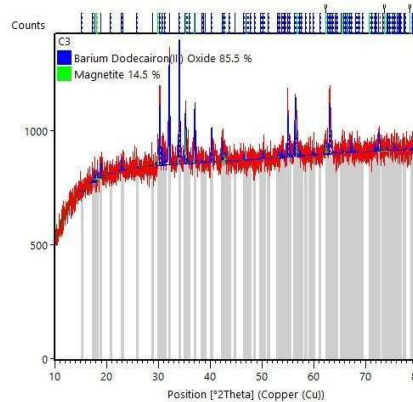


Gambar 16. Refinement sampel $BaFe_{11.5}Co_{0.25}Zn_{0.25}O_{19}$

Dari puncak-puncak pola difraksi sinar-x diperoleh informasi bahwa fasa yang terkandung dalam sampel yakni 99.1% $BaFe_{11.5}Co_{0.25}Zn_{0.25}O_{19}$ dan 0.9% Fe_3O_4 dengan

kecocokan referensi code ICSD 98-006-0984 dan ICSD 98-008-2449. Nilai *chi-square* yang diperoleh adalah 1.14.

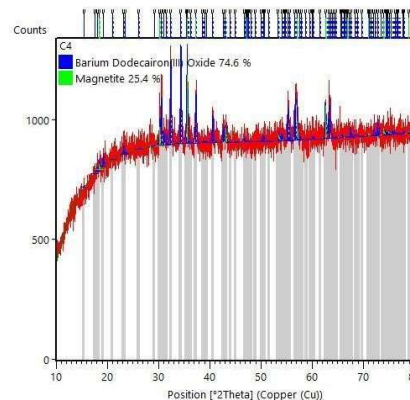
B.1.2 $x = 0.5$



Gambar 17. Refinement sampel $BaFe_{11}Co_{0.5}Zn_{0.5}O_{19}$

Dari puncak-puncak pola difraksi sinar-x diperoleh informasi bahwa fasa yang terkandung dalam sampel yakni 85.5% $BaFe_{11}Co_{0.5}Zn_{0.5}O_{19}$ dan 14.5% Fe_3O_4 dengan kecocokan referensi code ICSD 98-002-6834 dan ICSD 98-002-7898. Nilai *chi-square* yang diperoleh adalah 1.19.

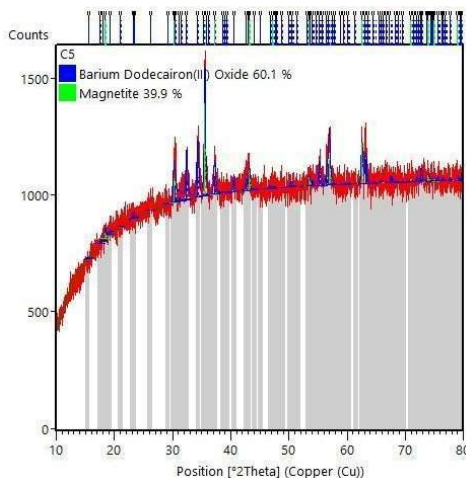
B.1.3 $x = 0.75$



Gambar 18. Refinement sampel $BaFe_{10.5}Co_{0.75}Zn_{0.75}O_{19}$

Dari puncak-puncak pola difraksi sinar-x diperoleh informasi bahwa fasa yang terkandung dalam sampel yakni 74.6% $BaFe_{11}Co_{0.5}Zn_{0.5}O_{19}$ dan 25.4% Fe_3O_4 dengan kecocokan referensi code ICSD 98-006-0986 dan ICSD 98-009-8087. Nilai *chi-square* yang diperoleh adalah 1.20.

B.1.4 $x = 1$



Gambar 19. Refinement sampel $BaFe_{10}CoZnO_{19}$

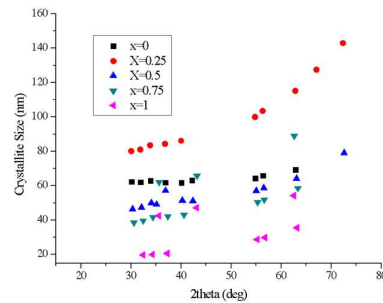
Dari puncak-puncak pola difraksi sinar-x diperoleh informasi bahwa fasa yang terkandung dalam sampel yakni 60.1% $BaFe_{10}CoZnO_{19}$ dan 39.9% Fe_3O_4 dengan kecocokan referensi code ICSD 98-006-0986 dan ICSD 98-016-5105. Nilai *chi-square* yang diperoleh adalah 1.23.

Parameter kisi dari hasil *refinement* dengan *High Score Plus* ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 11. Parameter kisi $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$

		$x = 0$	$x = 0.25$	$x = 0.5$	$x = 0.75$	$x = 1$
Parameter Kisi (Å)	A	5.88	5.88	5.88	5.89	5.90
	B	5.88	5.88	5.88	5.89	5.90
	C	23.19	23.18	23.20	23.22	23.17
Densitas (g/cm ³)	Bhf	5.31	5.32	5.31	5.29	5.29
	Magnetite	-	5.08	5.16	5.16	5.15

Dengan analisa kuantitatif didapatkan bahwa fasa hematite tumbuh dalam intensitas yang rendah. Hal itu menunjukkan bahwa bahan dasar Fe_2O_3 tidak berpadu secara homogen. Saat komposisi $x=1$ pola difraksi yang terbentuk tidak sama ketika dibandingkan pola difraksi barium heksaferit referensi. Hal itu karena jumlah ion substitusi (Co dan Zn) tidak bergabung dengan ion Fe dan masuk dalam kristal, sehingga merusak struktur kristal dan merubah struktur fasa barium heksaferit. Berikut grafik ukuran kristal yang diploting dalam grafik.

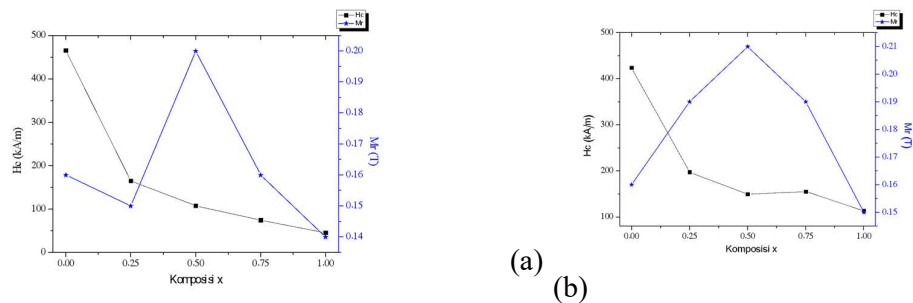


Gambar 20. Crystallite Size

Terlihat bahwa material memiliki struktur yang kecil dengan ukuran nano dan beragam.

B.2.1 Efek substitusi ion Co dan Zn

Dengan substitusi ion Co dan Zn menghasilkan perubahan nilai koersivitas dan magnetisasinya (remanen dan saturasi).



Gambar 21. Plot pengaruh substitusi terhadap H_c dan M_r ; (a) 0 jam, (b) 5 jam

B.3 Efek Substitusi Ion Co Zn Terhadap Sifat Penyerap Gelombang Elektromagnetik

Dengan pengukuran VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk melihat sifat serapan gelombang elektromagnetik pada material $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$. Didapatkan nilai S11 (transmisi/diteruskan) dan S11 imajiner (parameter refleksi/dipantulkan). Absorpsi maksimum ketika,

B.3.1 Milling 0 jam

Saat komposisi $x = 0,25$ nilai RL = -4,7 dB pada frekuensi 8,07 GHz.

B.3.2 Milling 5 jam

Saat komposisi $x = 0$ nilai RL = -25,15 dB pada frekuensi 9,25 GHz.

Terlihat bahwa pengaruh barium heksaferrit substitusi ion Co dan Zn memiliki nilai *reflection loss* yang semakin naik dengan frekuensi serapan yang semakin naik juga. Dari hasil penyerapan didapatkan nilai maksimal penyerapan saat milling 5 jam substitusi $x=0$ dan nilai RL didapat -25.15 frekuensi 9.25 GHz.

Simpulan

Dengan melihat hasil pengolahan dan analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sintesis material barium heksaferit $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ terbentuk saat diuji difraksi sinar-X.
2. Material barium heksaferit $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ membentuk fasa tunggal pada komposisi $x = 0.25$.
3. Nilai koersivitas material barium heksaferit $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ mengalami penurunan maksimal ketika tersubstitusi $x = 1$.
4. Nilai *Reflection Loss* material barium heksaferit $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$ mengalami penurunan dengan substitusi dan variasi waktu *milling*. Dari hasil penyerapan didapatkan nilai maksimal penyerapan saat *milling* 5 jam substitusi $x=0$ dan nilai RL didapat -25.15 frekuensi 9.25 GHz.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pembimbing penulis selama melakukan penelitian, yaitu bapak Erfan Handoko dan Mangasi Alion Marpaung. Tanpa arahan dan masukan baik yang sudah diberikan, tentu penelitian ini tidak dapat terselesaikan. Bagi teman-teman dalam kelompok penelitian ini, penulis juga mengucapkan terima kasih sudah menjadi rekan selama penelitian di laboratorium.

Daftar Pustaka

- A. Maulana S. S., Candra K., P. Sebayang. 2016. Microstructure, Magnetic Properties and Microwave Absorption of $BaFe_{12-x}Mn_xO_{19}$ Magnetic Materials. ISSN:2541-3546
- Ali Ghasemi, Akimitsu Morisako. 2007. Static And High Frequency Magnetic Properties Of Mn-Co-Zr Substituted Ba-Ferrite. 456(2008)485-491.
- Ariza N.K., Dr. M. Zainuri, M.Si. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Serbuk Barium M-Heksaferit dengan Doping Ion Zn Pada Variasi Temperatur Rendah. Surabaya: ITS.
- D Zhang et al. “ $Ba(CoTi)_{1.9}Fe_{9.56}O_{19}$ Ferrites Prepared by Sol Gel Method and Solid State Method Techniques”. Journal applied physics A 2016 19:306 Springer
- Daulay, S. 2012. “Pengaruh Substitusi Mn Pada Sifat Magnetik Barium Heksaferit”. Universitas Indonesia: Depok
- Didin S.W., E. Sukirman, Siti W, Safei Purnama. 2013. Karakterisasi $BaFe_{12}O_{19}$ Koersivitas Tinggi Hasil Sintesis dengan Metode Kopresipitasi Kimia.
- Feng Y.B. Qiu T dan Shen C.Y. 2007. “Absorbing Properties and Structural Design of Microwave Absorbers Based on Carbonyl Iron and Barium Ferrite”. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, pp. 8=13
- Gramatyk, P, et al. 2006.. “Soft magnetic composite based on nanocrystalline $Fe_{73.5}Cu_1Nb_3Si_{13.5}B_9$ and Fe powders”. Journal of Achievement Materials and Manufacturing
- Han-Shin Cho, Yong-Jin Kim, Sung-Soo Kim. 1999. “Magnetic and Microwave Absorbing Properties of Ti- and Co- Substituted Barium Ferrite ($BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO_{19}$)”. Journal of Magnetism 4(2), 65-68.
- Iqbal, M.A, dkk. 2012. “An Investigation Of The Titanium Effect On The Structural and Magnetic Properties of $BaNi_2$ based W-type hexaferites”. Ceramics International 38 (2012) 3757-3762.
- Johan, Akmal. 2010. Analisis Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit ($Ba_{0.6}Fe_2O_3$) dengan Menggunakan High-Energy Milling. Volume 14 No. 1(B) 14105.