

Material Absorber Gelombang Elektromagnetik Berbasis (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃ (x = 0 – 0,6)

Intan Wandira^{(1)*}, Pulung Karo Karo⁽¹⁾, Wisnu Ari Adi

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung,
Bandar Lampung 35145

⁽²⁾Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jakarta 12710

*E-mail koresponden: intanwandira7@gmail.com,

Diterima (29 Agustus 2017), Direvisi (20 September 2017)

Abstract. Electromagnetic wave absorber materials with (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃ (x = 0-0,6) had been researched. This magnetic material was synthesized by using solid state reaction method and a suitable composition for the application of a microwave absorber material had been obtained, namely (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{0.4}Zn_{0.2}Fe_{0.4})O₃ (x = 0,2). Precursors use were La₂O₃, BaCO₃, ZnO, Fe₂O₃, dan MnCO₃. The mixture was mixed with High Energy Milling for 5 hours then sintered at 1000 ° C for 5 hours. The result of refinement of X-ray diffraction pattern shows that (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{0.4}Zn_{0.2}Fe_{0.4})O₃ material had a single phase and a trigonal structure. The surface morphology of the sample had a uniform spherical shape. The results of absorbance analysis of samples to electromagnetic waves in the range of 8-12 GHz was 96%. Thus, the (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{0.4}Zn_{0.2}Fe_{0.4})O₃ (x = 0,2) material was a potential candidate for applications of electromagnetic wave absorber material.

Keyword: absorber, phase, perovskite (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃, solid state reaction.

Abstrak. Telah dilakukan penelitian mengenai material absorber gelombang elektromagnetik berbasis (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃ (x = 0 – 0,6). Material magnetik ini disintesis menggunakan metode reaksi padatan dan telah diperoleh komposisi yang sesuai untuk aplikasi penyerap gelombang elektromagnetik yaitu (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{0.4}Zn_{0.2}Fe_{0.4})O₃ (x = 0,2). Material penyerap ini dibuat dari oksida penyusun La₂O₃, BaCO₃, ZnO, Fe₂O₃, dan MnCO₃. Campuran dimilling dengan High Energy Milling selama 5 jam kemudian disintering pada suhu 1000°C selama 5 jam. Hasil refinement pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{0.4}Zn_{0.2}Fe_{0.4})O₃ (x = 0,2) memiliki fasa tunggal (*single fase*) dan memiliki struktur trigonal. Morfologi permukaan pada sampel memiliki bentuk bulat seragam. Hasil analisis serapan sampel terhadap gelombang elektromagnetik pada rentang 8-12 GHz sebesar 96%. Dengan demikian bahwa material (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{0.4}Zn_{0.2}Fe_{0.4})O₃ (x = 0,2) merupakan kandidat yang potensial untuk aplikasi material penyerap gelombang elektromagnetik.

Kata kunci : Fasa, penyerapan, perovskite (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃, reaksi padatan.

PENDAHULUAN

Beberapa tahun ini, aplikasi yang menggunakan teknologi gelombang elektromagnetik berkembang pesat. Salah satunya pada teknologi telekomunikasi. Bertambah banyaknya penyedia layanan telekomunikasi membuat semakin padat lalu lintas pancaran gelombang elektromagnetik pada atmosfer bumi. Hal ini berdampak buruk pada alat elektronik lain yang menggunakan teknologi yang

sama, mulai dari noise (gangguan) hingga error (tidak berfungsinya suatu alat) [1]. Selain itu diyakini pula bahwa radiasi gelombang mikro yang berasal dari sinyal telepon selular dapat memicu terjadinya sel kanker. Oleh karena itu, dibutuhkan material penyerap gelombang elektromagnetik yang berfungsi sebagai filter dari banyaknya radiasi gelombang yang merugikan. Sementara, pada aplikasi militer, bahan penyerap gelombang yang digunakan untuk menghindari deteksi

seperti pesawat, kapal, atau tank membutuhkan bahan penyerap super tipis yang memiliki penyerapan luar biasa [2].

Syarat wajib yang harus dipenuhi sebagai bahan penyerap gelombang elektromagnetik yang memiliki komponen medan magnet dan medan listrik yaitu material harus memiliki sifat permeabilitas yang tinggi (*magnetic loss propertise*) dan permitivitas yang tinggi (*dielectric loss propertise*) [3]. Di alam, bahan yang memiliki kedua sifat tersebut tidak tersedia.

Namun, ada beberapa material yang memiliki salah satu dari sifat tersebut seperti, material yang memiliki sifat permeabilitas yang tinggi tetapi permitivitas rendah yaitu terdapat pada material Barium Heksaferrit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) [4]. Material yang memiliki sifat permitivitas tinggi tetapi sifat permeabilitas rendah yaitu terdapat pada material *perovskite* [5]. Material yang akan menjadi fokus peneliti dalam penelitian ini adalah material magnet berbasis manganit sistem *perovskite* ABO_3 .

Salah satu material *perovskite* ABO_3 berbasis manganit adalah Lantanum manganit (LaMnO_3). Material ini memiliki sifat permitivitas tinggi, struktur stabil, tahan korosi, dan sifat permeabilitas yang rendah. Lantanum manganit dapat dijadikan sebagai bahan unggul untuk aplikasi *absorber* gelombang elektromagnetik karena memiliki sifat permitivitas yang tinggi dengan nilai *magnetic loss* yang dimiliki relatif kecil.

Sebagaimana telah disebutkan bahwa syarat yang harus dipenuhi untuk aplikasi sebagai penyerap gelombang elektromagnetik adalah material ini harus memiliki nilai koersitivitas yang rendah dengan saturasi magnet yang tinggi atau harus meningkatkan sifat permeabilitas material ini, sehingga spin magnetik dari material ini dapat beresonansi dengan gelombang elektromagnetik. Untuk itu diperlukan modifikasi atau rekayasa struktur.

Memodifikasi Lantanum manganit telah banyak dilakukan dengan mensubstitusi elemen tertentu dalam ion-ion Lantanum. Dengan melakukan prinsip ini, maka terjadi adanya valensi campuran atom Mn yang mana akan mempengaruhi sifat magnetik dan struktur bahan. Sifat magnetik ini merupakan salah satu indikator kemampuan penyerapan material terhadap gelombang elektromagnetik.

Penelitian sebelumnya oleh Zhou [6] berhasil membuat material *absorber* gelombang elektromagnetik berbasis manganit. Mereka melakukan modifikasi material sistem $(\text{LaSr})\text{MnO}_3$ dengan substitusi ion Fe^{3+} , yaitu senyawa empiris $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Mn}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_3$ ($0 < y < 0.2$). Penambahan Fe ($y = 0.14$), meningkatkan nilai *reflection loss* bahan hingga -34 dB dengan persentase penyerapan sebesar 98%. Menurut Zhou kehadiran Fe sangat berkontribusi terhadap sifat magnetik bahan. Sardjono dan Adi [5] juga melakukan penelitian menggunakan material magnetik sistem $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$. Rekayasa struktur ini ternyata membuahkan hasil yang luar biasa. Hasil pengujian serapan gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 9-15 GHz menunjukkan terdapat dua frekuensi puncak serapan pada frekuensi 11,1 dan 14,2 GHz dengan nilai *reflection loss* berturut-turut sebesar -4,8 dB dan -6,8 dB dan persentase penyerapan optimal sebesar 55%. Pada penelitian ini akan dilakukan substitusi ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} terhadap Mn dengan variasi konsentrasi $x = 0-0.6$ berdasarkan rumus molekul $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan material penyerap gelombang elektromagnetik yang dapat mengurangi energi radiasi elektromagnetik.

METODE PENELITIAN

Material magnetik berbasis $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ dengan substitusi ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} disintesis menggunakan metode reaksi padatan dengan oksida-oksida penyusun adalah La_2O_3 , BaCO_3 , ZnO , Fe_2O_3 , dan MnCO_3 , dari produk Merck dengan kemurnian 99.9%. Pencampuran bahan-bahan dasar tersebut dilakukan dengan jumlah massanya digunakan prinsip stoichiometri.

Variasi penambahan substitusi ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} terhadap Mangan adalah $x = 0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, \text{ dan } 0,6$. Ketujuh bahan dasar tersebut dicampur menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM) dengan spesifikasi *normal speed* = 90 menit, *of time* = 30 menit dan *on of cycle* 1 kali. Dimensi *vial* panjang 7,6 cm dan diameter 5,1 cm. Di dalam *vial* ini terdapat bola-bola besi yang disebut *ball-mill*. *Ball-mill* bergerak dan berfungsi menghancurkan bahan. *Ball-mill* terbuat dari bahan *stainless steel* dengan diameter sebesar 10 mm. Campuran ini ditambahkan etanol dan di-milling selama 5 jam pada suhu ruang. Setelah itu, sampel dibuat dalam bentuk serbuk, kemudian sampel disintering pada suhu 1000°C selama 5 jam dan didinginkan dalam lingkungan *furnace*. Sampel digerus dan dilakukan karakterisasi.

Beberapa karakterisasi pada sampel dilakukan untuk mengetahui karakteristik yang diperlukan sesuai dengan tujuan pada penelitian ini. Karakterisasi awal adalah identifikasi fasa dari masing-masing sampel menggunakan peralatan XRD (Difraktometer Sinar-X) merek PANalytical. Analisis fasa baik secara kualitatif dan kuantitatif digunakan metode Rietveld (program GSAS) dengan parameter kesesuaian *refinement* adalah *Rwp* dan *Chi squared* [8]. Pengujian morfologi dan komposisi unsur sampel diamati dengan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive*

Spectroscopy (SEM-EDS) JEOL JSM-6510LA. Sedangkan, pengujian serapan gelombang elektromagnetik menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Fasa Material

Analisis fasa material dengan variasi konsentrasi ditentukan dengan melihat pola difraksi sinar-X dari masing-masing sampel berdasarkan pencocokan data hasil pengukuran difraksi dengan data difraksi sinar-X yang terdapat pada *Crystallography Of Database* (COD). Pola difraksi sinar-X material sistem $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ dengan masing-masing nilai x ditunjukkan pada **Gambar 1**.

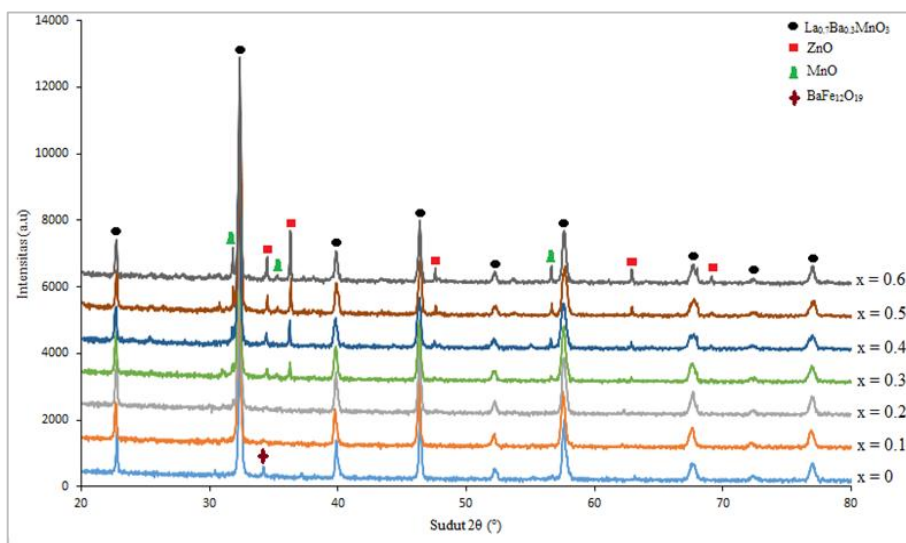
Pola difraksi pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa terdapat fasa yang berbeda-beda di dalam material sistem $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$. Dari hasil identifikasi puncak-puncak difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel diduga memiliki fasa tunggal pada konsentrasi $x = 0,1$ dan $x = 0,2$. Hal ini dibuktikan dengan adanya kesesuaian antara puncak-puncak difraksi sinar-X sampel dengan pola difraksi fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$ standar sesuai dengan COD No. 96-400-2491. Sampel pada saat konsentrasi $x = 0$ belum membentuk fasa tunggal. Hal ini disebabkan karena sampel belum tersubstitusi oleh ion Zn^{2+} namun telah tersubstitusi ion Fe^{3+} . Fasa asing yang muncul yaitu fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ standar sesuai dengan COD No. 96-100-8327. Namun, dengan meningkatnya kandungan ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} konsentrasi $x = 0,3-0,6$ tampak ditemukan puncak-puncak asing. Puncak asing tersebut merupakan fasa MnO standar sesuai dengan COD No. 96-411-7967 dan ZnO standar sesuai dengan COD No. 96-230-0116. Berdasarkan analisis dengan program Match!3 dan pola difraksi pada **Gambar 1** maka dapat disimpulkan bahwa

didapatkan nilai x optimum pada material sistem $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ adalah $x = 0,2$.

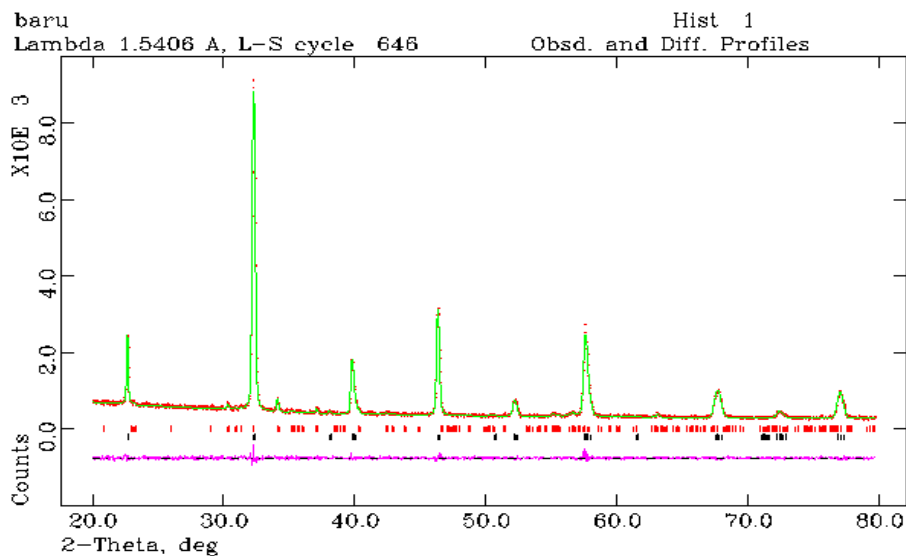
Material sistem $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ yang akan dikarakterisasi selanjutnya hanya dipilih 4 sampel, yaitu konsentrasi x sebelum dilakukannya pensubstitusian ion Zn^{2+} yaitu $x = 0$, konsentrasi x yang optimum yaitu $x = 0,2$, konsentrasi x di atas optimum yaitu $x = 0,3$,

dan konsentrasi x yang paling ekstrim yaitu $x = 0,6$.

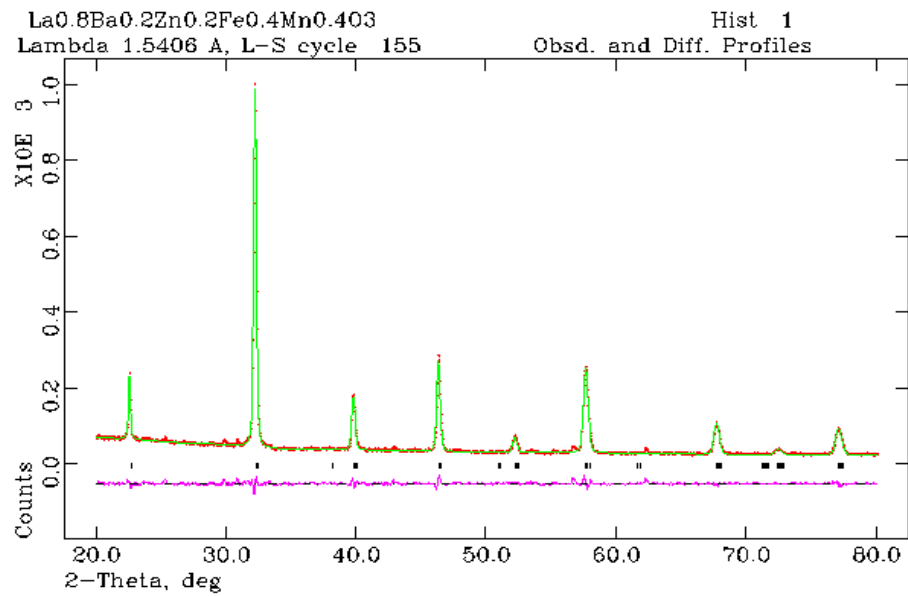
Material sistem $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ dengan konsentrasi $x = 0, 0,2, 0,3$, dan $0,6$ kemudian dilakukan proses penghalusan atau *refinement* dengan menggunakan *software General Structure Analysis System (GSAS)* yang mana bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh substitusi ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} terhadap struktur utamanya.



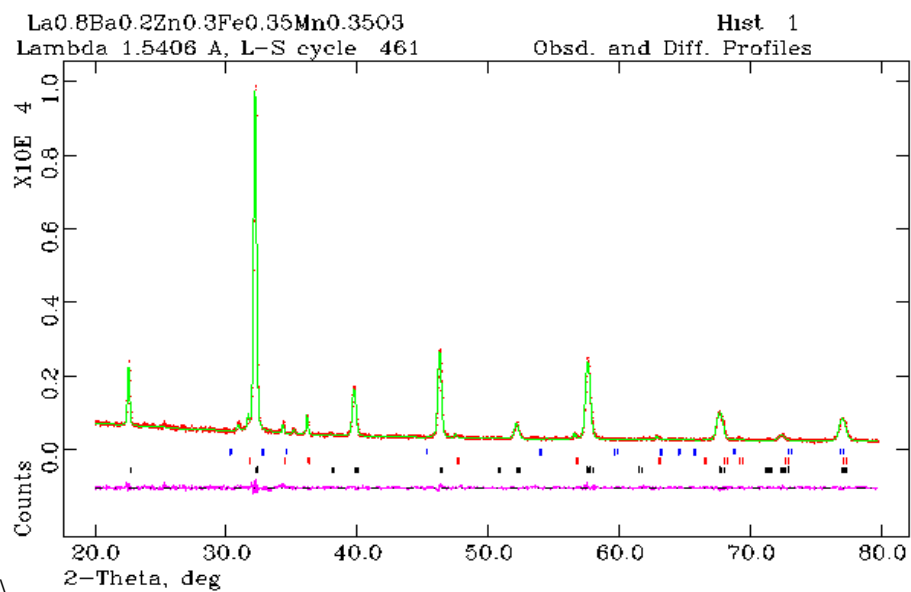
Gambar 1. Pola Difraksi Sinar-X Sampel Gabungan Material sistem $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ dengan $x = 0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5$, dan $0,6$.



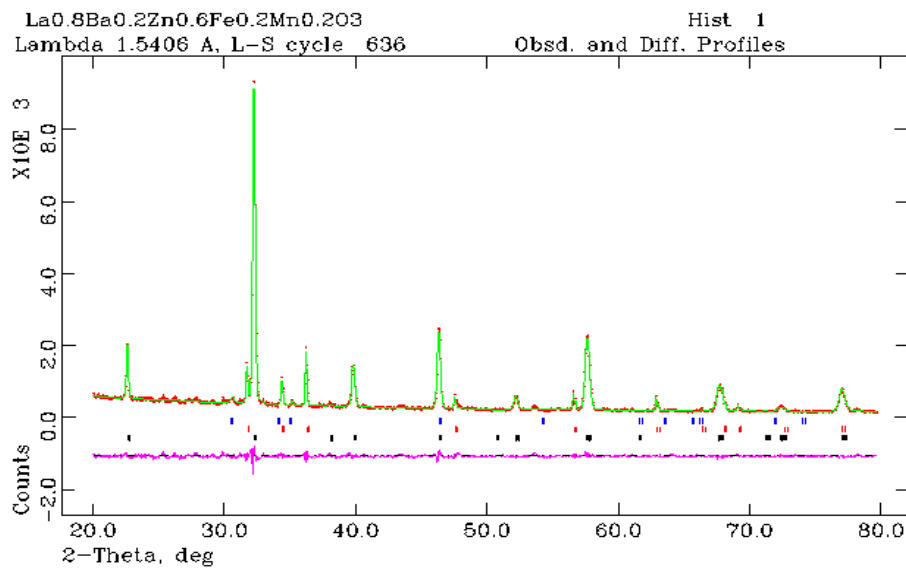
Gambar 2. *Refinement* pola difraksi sinar-X sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ untuk $x = 0$



Gambar 3. Refinement pola difraksi sinar-X sampel (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃ untuk x= 0,2



Gambar 4. Refinement pola difraksi sinar-X sampel (La_{0.8}Ba_{0.2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃ untuk x= 0,3



Gambar 5. *Refinement* pola difraksi sinar-X sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ untuk $x = 0,6$

Gambar 2 Merupakan hasil *refinement* pola difraksi sinar-X sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_3$. Dari *refinement* ini didapatkan bahwa sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_3$ terbentuk 2 fasa yaitu fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$ dan $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$ mempunyai fraksi massa 94,08% sedangkan fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (*Barium dedecairon III oxide*) mempunyai fraksi massa 5,92%. **Gambar 3.** Menunjukkan hasil *refinement* pola difraksi sinar-X sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.4}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_{0.4})\text{O}_3$. Hasil identifikasi puncak-puncak difraksi sinar-X untuk sampel ini menunjukkan bahwa sampel memiliki fasa tunggal yaitu $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}$. Fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}$ memiliki fraksi massa 100%. **Gambar 4.** Merupakan hasil *refinement* pola difraksi sinar-X sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.35}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_{0.35})\text{O}_3$. Dari *refinement* ini didapatkan bahwa sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.35}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_{0.35})\text{O}_3$ terbentuk 3 fasa yaitu fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$, MnO , dan ZnO . Fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$ mempunyai fraksi massa 89,1%, fasa MnO 7,56% sedangkan fasa ZnO (*Zinc oxide*)

mempunyai fraksi massa 3,34%.

Gambar 5 merupakan hasil *refinement* pola difraksi sinar-X sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.2}\text{Zn}_{0.6}\text{Fe}_{0.2})\text{O}_3$. Dari *refinement* ini didapatkan bahwa sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.2}\text{Zn}_{0.6}\text{Fe}_{0.2})\text{O}_3$ memiliki 3 fasa yaitu fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$, MnO , dan ZnO . Fasa $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$ mempunyai fraksi massa 80%, fasa MnO 12,2% sedangkan fasa ZnO (*Zinc oxide*) mempunyai fraksi massa 7,8%. Nilai parameter struktur hasil *refinement* keseluruhan sampel telah disajikan dalam **Tabel 1**.

Berdasarkan hasil *refinement* dari pola difraksi sinar-X di atas, terjadi perubahan nilai parameter kisi seiring dengan meningkatnya kandungan ion Zn^{2+} dan penurunan kandungan ion Fe^{3+} pada sampel. Adanya perubahan ini menunjukkan bahwa ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} telah berhasil tersubstitusi ke dalam Mangan. Nilai tingkat keberhasilan hasil *refinement* dan fraksi massa dari keseluruhan sampel ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Nilai Parameter Struktur Hasil *Refinement* Keseluruhan Sampel.

Nilai x	Fasa	Parameter kisi (Å)			Volume (Å ³)	Massa jenis (gr/cm ³)
		a	b	c		
0	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	5,543	5,543	13,508	359,512	6,726
	BaFe ₁₂ O ₁₉	5,886	5,886	23,146	694,488	10,752
0,2	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	5,515	5,515	13,551	356,904	6,745
0,3	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	5,537	5,537	13,512	358,798	7,164
	MnO	3,399	3,399	5,461	54,644	12,933
	ZnO	3,245	3,245	5,198	47,423	17,390
0,6	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	5,535	5,535	13,516	358,668	7,164
	MnO	3,382	3,382	5,198	52,014	13,588
	ZnO	3,245	3,245	5,197	47,409	17,396

Tabel 2. Nilai Reabilitas (R) dan Fraksi Massa Hasil *Refinement* Sampel.

Nilai x	Fasa	wRp (%)	Rp (%)	χ ²	Fraksi Massa (%)
0	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	4,95	3,88	1,275	94,1
	BaFe ₁₂ O ₁₉				5,9
0,2	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	6,08	4,53	1,179	100
0,3	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	5,63	4,35	1,533	89,1
	MnO				7,6
	ZnO				3,3
0,6	La _{0,7} Ba _{0,3} MnO ₃	7,80	5,92	2,500	80
	MnO				12,2
	ZnO				7,8

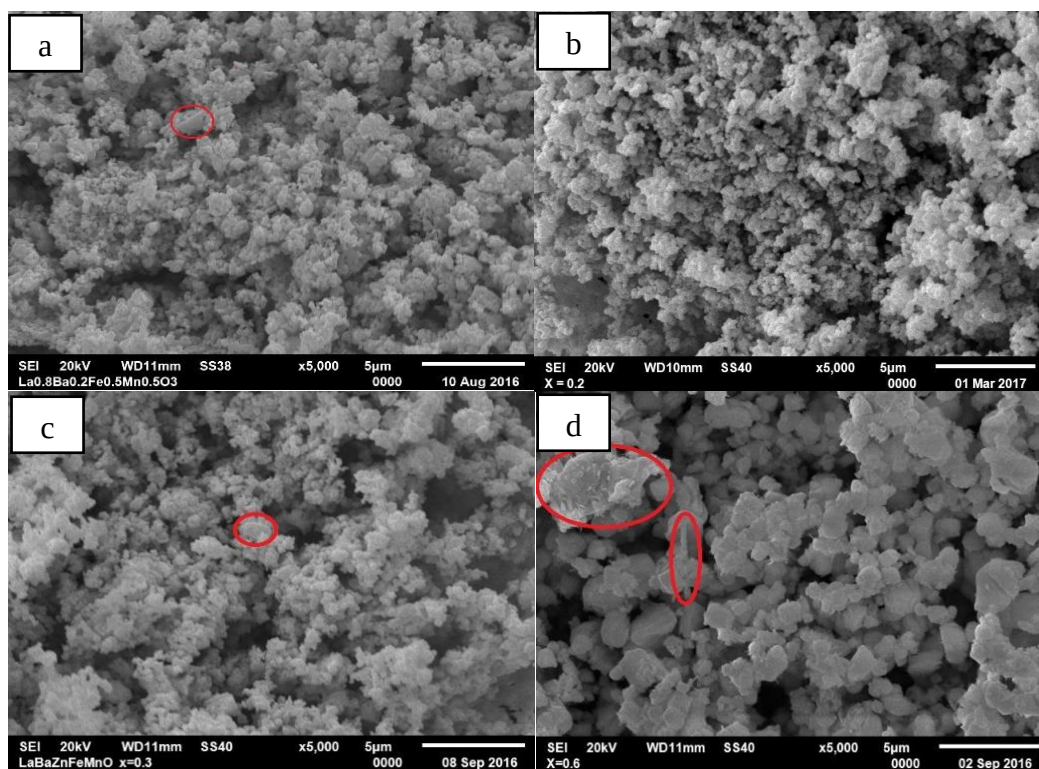
Analisis Morfologi dan Komposisi Unsur

Hasil analisis morfologi permukaan material (La_{0,8}Ba_{0,2})(Mn_{(1-x)/2}Zn_xFe_{(1-x)/2})O₃ (x = 0, 0,2, 0,3, dan 0,6) disajikan pada **Gambar 6**. Pada **Gambar 6 (a)** terlihat morfologi permukaan partikel yang tidak homogen dengan bentuk bulat tersebar di seluruh permukaan material.

Hal ini sesuai dengan hasil analisis fasa menggunakan program *Match!3* dan GSAS bahwa material memiliki fasa lebih dari satu atau terdiri dari dua fasa. Berbeda halnya dengan **Gambar 6 (b)** yang terlihat morfologi partikel merata di seluruh permukaan material dengan bentuk partikel bulat seragam. Hal ini bersesuaian dengan hasil analisis fasa menggunakan program *Match!3* dan GSAS yang menunjukan

sampel adalah fasa tunggal. **Gambar 6 (c)** merupakan morfologi permukaan material dengan x = 0,3. Pada gambar ini terlihat morfologi permukaan partikel bulat tidak homogen yang ditunjukkan dengan adanya penggumpalan partikel yang diduga membentuk fasa baru.

Hal yang sama juga ditunjukkan oleh **Gambar 6 (d)**. Morfologi permukaan partikel terlihat tidak homogen dengan bentuk bulat tersebar di seluruh permukaan material. Hal ini sesuai dengan hasil analisis fasa menggunakan program *Match!3* dan GSAS yang menunjukkan sampel memiliki fasa lebih dari satu. Hasil analisis komposisi unsur sampel disajikan pada **Tabel 3**.



Gambar 6. Morfologi Permukaan Material, (a) $x = 0$, (b) $x = 0,2$, (c) $x = 0,3$, (d) $x = 0,6$

Tabel 3. Hasil Analisis EDS Sampel $x = 0, 0,2, 0,3$, dan $0,6$.

Nilai x	Unsur	Massa (%)		Atom (%)	
		Observasi	Kalkulasi	Observasi	Kalkulasi
0	La	44,90	45,92	17,00	16
	Ba	12,13	11,35	4,64	4
	Fe	15,18	11,54	14,30	10
	Mn	11,72	11,35	11,22	10
	O	16,07	19,84	52,83	60
0,2	La	47,80	45,55	21,08	16
	Ba	11,59	11,25	5,17	4
	Zn	6,27	5,36	5,88	4
	Fe	12,42	9,16	13,62	8
	Mn	10,95	9,01	12,21	8
0,3	O	10,97	19,67	42,03	60
	La	45,95	45,36	20,79	16
	Ba	11,85	11,21	5,43	4
	Zn	12,38	8,01	11,91	6
	Fe	11,06	7,98	12,45	7
0,6	Mn	8,71	7,85	9,96	7
	O	10,05	19,59	39,47	60
	La	37,52	44,81	18,19	16
	Ba	21,65	11,08	10,62	4
	Zn	26,79	15,82	27,61	12
	Fe	2,75	4,50	3,33	4
	Mn	2,44	4,43	2,98	4
	O	8,85	19,36	37,27	60

Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan unsur yang terdapat pada setiap sampel telah sesuai dengan saat preparasi. Besarnya fraksi massa dan fraksi atom yang dihasilkan relatif sama antara observasi dan kalkulasi. Pada komposisi $x = 0,3$ dan $x = 0,6$ kandungan unsur Mn terlihat semakin menurun dengan kandungan unsur Fe dan Zn yang semakin meningkat. Hal ini bersesuaian dengan hasil analisis fasa menggunakan XRD bahwa sampel $x = 0,3$ dan $x = 0,6$ memiliki 3 fasa.

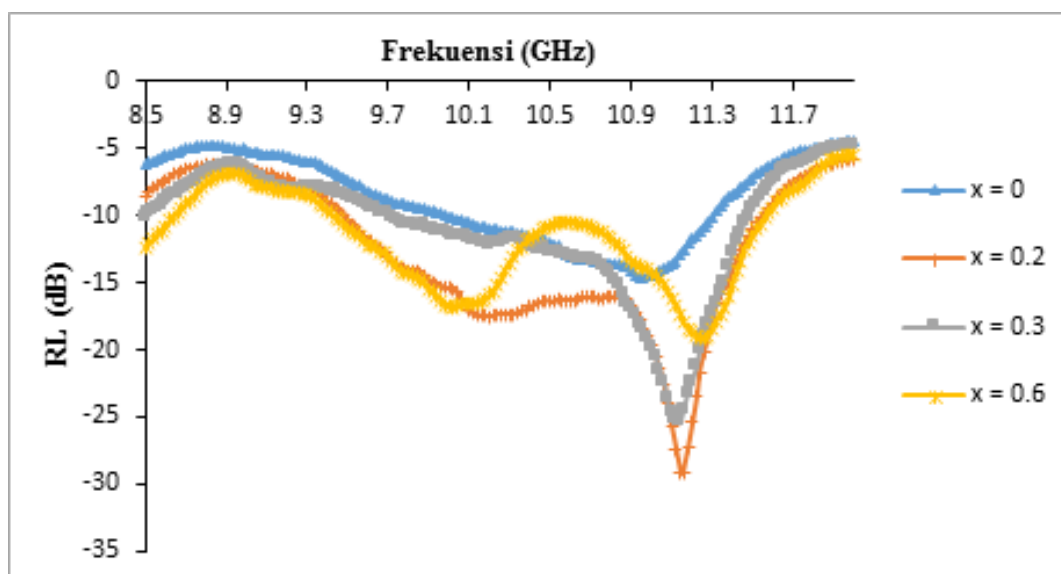
Analisis Besar Serapan Gelombang

Pengaruh substitusi ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} terhadap pola refleksi sebagai *absorber* gelombang elektromagnetik *perovskite* $(\text{La}_{0,8}\text{Ba}_{0,2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ dapat diketahui dengan melihat hubungan frekuensi terhadap nilai *reflection loss* pada masing-masing material

yang ditunjukkan dalam grafik pada **Gambar 7**.

Berdasarkan **Gambar 7** terlihat bahwa secara keseluruhan terjadi penurunan nilai refleksi pada frekuensi 10 – 11,5 GHz. Nilai *refelction loss* dari masing-masing material sistem $(\text{La}_{0,8}\text{Ba}_{0,2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$ disajikan dalam **Tabel 4**.

Table 4 menunjukkan bahwa nilai *reflection loss* berbeda-beda dari range frekuensi 8 – 12 GHz dengan nilai *reflection loss* -13,82 dB – (-) 29,21 dB. Dari nilai *reflection loss* yang berbeda-beda ini akan menghasilkan intensitas penyerapan yang berbeda pula. Nilai *reflection loss* yang dihasilkan ini kemudian dikonversikan menjadi persen absorpsi. Penyerapan gelombang elektromagnetik yang dimiliki pada material dengan nilai $x = 0, 0,2, 0,3$, dan $0,6$ masing-masing adalah 81, 96, 94 dan 89%.



Gambar 7. Grafik Serapan Gelombang Elektromagnetik Material Sistem $(\text{La}_{0,8}\text{Ba}_{0,2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$

Tabel 4. Serapan Gelombang Elektromagnetik $(\text{La}_{0,8}\text{Ba}_{0,2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3$.

Nilai x	Frekuensi (GHz)	Reflection Loss(dB)	Serapan Gelombang(%)
0	10,94	-14,57	81
0,2	11,14	-29,21	96
0,3	11,12	-25,23	94
0,6	11,26	-19,21	89

Material dengan nilai $x = 0,2$ memiliki nilai reflection loss yang paling tinggi sebesar -29,21 dB yaitu dengan persen penyerapan gelombang elektromagnetik mencapai 96% pada frekuensi 11,14 GHz, lebar bandwidth antara 9,3 hingga 11,4 GHz. Substitusi ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} telah berhasil meningkatkan persentase penyerapan terhadap gelombang elektromagnetik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwadiperoleh komposisi yang sesuai untuk aplikasi penyerap gelombang elektromagnetik yaitu $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.4}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_{0.4})\text{O}_3$ ($x = 0,2$). Hasil *refinement* pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.4}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_{0.4})\text{O}_3$ ($x = 0,2$) memiliki fasa tunggal (*single fase*) dan memiliki struktur trigonal dengan besar parameter kisi $a = 5,5147 \text{ \AA}$, $b = 5,5147 \text{ \AA}$ dan $c = 13,5507 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$, $V = 356,904 \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 6,745 \text{ gr.cm}^{-3}$. Material $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{0.4}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_{0.4})\text{O}_3$ memiliki morfologi permukaan bulat seragam dengan komposisi unsur relatif sama. Kemampuan serapan gelombang elektromagnetik sampel pada rentang frekuensi 8-12 GHz diperoleh sebesar 96% dengan nilai RL sebesar -29,21 dB pada frekuensi 11,14 GHz. Dengan demikian dari hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa konsentrasi $x = 0,2$ dapat dijadikan kandidat yang potensial untuk diaplikasikan sebagai material penyerap gelombang elektromagnetik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN, Serpong dan Kepala P2ET LIPI, Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. J. An, K. Nishida, T. Yamamoto, S. Ueda, and T. Deguchi, "Characteristic evaluations of microwave absorbers using dielectric and magnetic composite materials," vol. 9, no. 4, pp. 430–436, 2008.
- [2] I. Subiyanto, "Universitas Indonesia Perhitungan Impedansi pada bahan La 0.67 Sr 0.33 Mn," 2011.
- [3] H. Zhang, X. Yao, M. Wu, L. Zhang, H. Zhang, X. Yao, M. Wu, and L. Zhang, "Complex permittivity and permeability of Zn – Co substituted Z type hexaferrite prepared by citrate sol – gel process Complex permittivity and permeability of Zn – Co substituted Z type hexaferrite prepared by citrate sol – gel process," vol. 102, no. 1, pp. 9–15, 2016.
- [4] W. A. A. Sebayang, Perdamean, Muljadi, "Analisis Struktur Kristal $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ Menggunakan Program General Structure Analysis System Dan Pengujian Sifat Magnetnya," vol. 12, no. 3, pp. 55–62, 2011.
- [5] S. Sugiantoro and A. Adi, "Karakterisasi Termal Bahan Magnetik Sistem," vol. 3, no. 1411–2213, pp. 3–6, 2012.
- [6] K. Zhou, H. Xia, K. Huang, L. Deng, D. Wang, Y. Zhou, and S. Gao, "The microwave absorption properties of $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ nanocrystalline powders in the frequency range 2 – 18 GHz," vol. 404, no. 2, pp. 175–179, 2009.
- [7] P. Sardjono and W. A. Adi, "Structural , Magnetic and Electrical Properties of $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0 - 0.7$) for Absorber Electromagnetic Wave," vol. 3, no. 7, pp. 230–234, 2013.
- [8] B. H. Toby, "R Factors in Rietveld Analysis: How Good is Good

Enough,” vol. 21, no. March 2006,
pp. 67–70, 2014.

Intan Wandira dkk :Material *Absorber* Gelombang Elektromagnetik Berbasis
 $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{(1-x)/2}\text{Zn}_x\text{Fe}_{(1-x)/2})\text{O}_3 (x = 0 - 0,6)$