

**PENGARUH PENAMBAHAN La TERHADAP STRUKTUR DAN REFLECTION LOSS
GELOMBANG MIKRO PADA PSEUDOBROOKITE $Fe_{2-x}La_xTiO_5$**

Yosef Sarwanto¹, Titin Anggraini², Wisnu Ari Adi¹, Yunasfi¹

¹) Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju – BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong

²) Program Studi Kimia FST - UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta

Email: yosef@batan.go.id

Diterima: 10-04-2019

Diterima dalam bentuk revisi: 27-06-2019

Disetujui: 30-09-2019

ABSTRAK

**PENGARUH PENAMBAHAN La TERHADAP STRUKTUR DAN REFLECTION LOSS
GELOMBANG MIKRO PADA PSEUDOBROOKITE $Fe_{2-x}La_xTiO_5$.** Telah dilakukan studi efek doping La terhadap struktur dan kehilangan refleksi menyerap gelombang mikro dari pseudobrookite Fe_2TiO_5 untuk membentuk senyawa sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ dengan metode ko-presipitasi. Sintesis sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ bertujuan untuk membuat material yang dapat berfungsi sebagai peredam paparan gelombang elektromagnetik peralatan elektronik telekomunikasi. Sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$; $0,04$ dan $0,2$) dibuat dari campuran $FeCl_3$, $LaCl_3$ dan $TiCl_4$ sesuai dengan perbandingan molnya masing-masing. Campuran bahan ini ditambahkan larutan NH_4OH sampai dengan pH 12. Endapan yang terbentuk dicuci dengan air demineral sampai pH 7 dan kemudian dikeringkan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$, disinter pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 jam. Semua sampel dikarakterisasi dengan XRD (*X-ray diffractometer*) untuk identifikasi fasa, SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk pengamatan morfologi permukaan dan VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengukur serapan gelombang mikronya. Hasil identifikasi fasa menunjukkan bahwa komposisi dengan nilai $x = 0,01$ dan $0,04$ terbentuk 2 fasa yaitu fasa Fe_2TiO_5 dan $FeTiO_3$ sedangkan komposisi dengan nilai $x = 0,2$ juga terbentuk 3 fasa yaitu fasa Fe_2TiO_5 , $FeTiO_3$ dan $La_2Ti_2O_7$. Hasil pengamatan morfologi permukaan dengan SEM-EDS, menunjukkan bahwa distribusi partikel yang tidak seragam karena memiliki beda fasa. Sedangkan hasil pengukuran serapan gelombang mikro dengan VNA menunjukkan bahwa serapan maksimal gelombang mikro diperoleh pada komposisi nilai $x = 0,04$ ($Fe_{1,96}La_{0,04}TiO_5$) yaitu sekitar 94% pada frekuensi 10,52 GHz.

Kata Kunci: *Pseudobrookite*, Sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$, Metode ko-presipitasi, Gelombang mikro, Kehilangan refleksi

ABSTRACT

EFFECT OF LA-DOPANT ON STRUCTURE AND MICROWAVE REFLECTION LOSS OF $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ PSEUDOBROOKITE. Studying the effect of La doping on the structure and microwave reflection loss of pseudobrookite $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ with co-precipitation method has been carried out. The synthesis of $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ system aimed to create material that can function as an absorber for microwave reflection loss in electronic and telecommunication applications. The $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ system ($x = 0.01$, 0.04 and 0.2) was synthesized from a mixture of $FeCl_3$, $LaCl_3$ and $TiCl_4$ according to the ratio of each mole. After that the mixture was added a NH_4OH solution up to pH 12. The precipitate formed was washed with demineralization water to pH 7 and then dried at $100\text{ }^\circ\text{C}$, then sintered at $1000\text{ }^\circ\text{C}$ for 5 hours. All samples were characterized by using XRD (*X-ray diffractometer*) to perform phase identification, SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*) to observe surface morphology and VNA (*Vector Network Analyzer*) observations to measure the microwaves reflection loss. Phase identification results showed that the composition of $x = 0.01$ and 0.04 was formed in 2 phases, namely Fe_2TiO_5 and $FeTiO_3$ phases, while the composition of $x = 0.2$ was formed in 3 phases, namely Fe_2TiO_5 , $FeTiO_3$ and $La_2Ti_2O_7$. Observation of surface morphology with SEM-EDS, shows that the distribution of particles is not

uniform because it has a phase difference. Meanwhile the results of the reflection loss measurement showed that the maximum microwave absorption was obtained at the composition $x = 0.04$ ($\text{Fe}_{1.96}\text{La}_{0.04}\text{TiO}_5$) with a reflection loss about -24.95 (~94%) at a frequency of 10.52 GHz.

Key words: *Pseudobrookite, $\text{Fe}_{(2-x)}\text{La}_x\text{TiO}_5$, co-precipitation method, microwave, reflection loss.*

1. PENDAHULUAN

Aplikasi teknologi gelombang elektromagnetik telah berkembang sangat cepat, seperti pada teknologi telekomunikasi dan militer. Hal ini mengakibatkan semakin banyak gelombang elektromagnetik dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik yang terpancar ke lingkungan. Radiasi gelombang elektromagnetik yang berlebihan akan mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia. Untuk tujuan tersebut sekarang telah dikembangkan teknologi penyerapan terhadap radiasi gelombang elektromagnetik ke lingkungan. (1). Teknologi tersebut menghasilkan suatu bahan yang dinamakan bahan magnetik cerdas. Bahan magnetik cerdas ini termasuk dalam kategori material penyerap gelombang yang dapat diaplikasikan sebagai penangkal interferensi gelombang elektromagnetik (*Electromagnetic Interference/EMI*) dan sebagai *Radar Absorbing Materials* (RAM) (2) (3).

Secara umum kriteria material *absorber* yang baik haruslah memiliki permeabilitas dan permitivitas yang tinggi. Selain itu, juga diperlukan resistivitas yang tinggi dan saturasi magnet tinggi (4) (5). Salah satu material yang menjadi objek penelitian di bidang *absorber* adalah bahan magnet berbasis *pseudobrookite* Fe_2TiO_5 . *Pseudobrookite* Fe_2TiO_5 mengandung besi dan titanium memiliki sifat magnetik yang

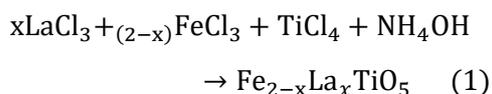
unik sehingga cocok untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang dan salah satunya sebagai bahan penyerap gelombang mikro (6). Salah satu cara yang efektif untuk mengubah penyerapan gelombang mikro oleh bahan *pseudobrookite* Fe_2TiO_5 dengan menggunakan ion logam lain untuk menggantikan ion besi (Fe^{+3}) (7) (8) (9). Dalam penelitian ini dicoba menggunakan ion lantanum (La^{3+}) sebagai pengganti ion besi (Fe^{+3}) yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan serapan gelombang mikro sehingga dapat dijadikan sebagai bahan *absorber* gelombang elektromagnetik. Sampai saat ini belum ada yang melaporkan penelitian efek doping ion La^{+3} terhadap serapan gelombang mikro. Namun, pada penelitian sebelumnya telah dilakukan efek doping ion La^{3+} terhadap sistem ferit yang sama-sama menggunakan bahan dasar Fe_2O_3 . Diketahui bahwa ion La^{3+} terhadap nikel ferit mampu menyerap gelombang mikro sampai 96% (10).

Berbagai metode untuk sintesis *pseudobrookite* Fe_2TiO_5 dapat digunakan untuk sintesis *absorber* gelombang elektromagnetik baik secara fisika maupun kimia (11). Namun dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode ko-precipitasi karena prosesnya menggunakan suhu rendah (<100 °C) dengan proses yang sederhana, waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat dari metode lainnya,

menghasilkan ukuran partikel yang lebih kecil dari metode *solid state* tetapi lebih besar dari metode *sol-gel* (12).

2. TATA KERJA

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk $LaCl_3$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, $TiCl_4$, larutan NH_4OH dan *demineralized water*. Masing-masing serbuk $LaCl_3$, $FeCl_3$ dan $TiCl_4$ ditimbang sesuai dengan perbandingan molnya. Ketiga bahan serbuk tersebut dicampur dan ditambahkan 250 ml air, dipanaskan pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* kemudian ditambahkan larutan NH_4OH 1M sampai pH = 12 untuk membentuk endapan. Endapan yang terbentuk kemudian dibilas beberapa kali sampai pH = 7, selanjutnya dikeringkan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ dengan oven. Serbuk kering ini digerus dan selanjutnya disinter pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 jam untuk mendapatkan sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01; 0,04$ dan $0,2$) (13). Reaksi kimia pembentukan sampel dapat ditulis sebagai berikut:

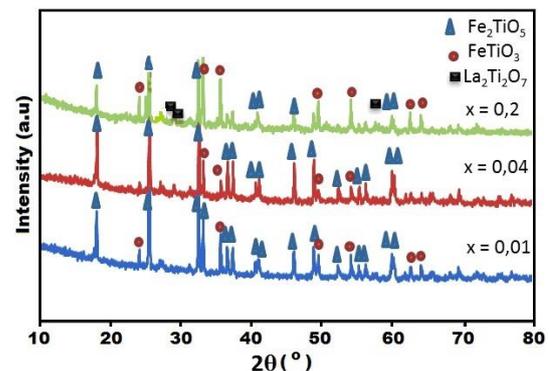


Semua sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01; 0,04$ dan $0,2$) yang terbentuk dikarakterisasi dengan XRD merek Pan Analytical untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan analisis fasa dengan perangkat lunak GSAS, SEM-EDS (JEOL JSM-6510LA) digunakan untuk mengamati morfologi permukaan sampel. Selanjutnya, kemampuan sifat penyerapan gelombang mikro diukur menggunakan peralatan VNA (*Vector Network Analyzer*) brand Advantest

type R3770 300 kHz-20 GHz berupa parameter nilai *reflection loss* (dB) sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui struktur kristal dan fasa yang terbentuk dari serbuk $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01; 0,04$ dan $0,2$) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi ditunjukkan pada Gambar 1. Pola difraksi yang dihasilkan beserta data intensitas relatifnya dicocokkan dengan data pola difraksi material tertentu dengan posisi puncak dan intensitas yang paling sesuai dengan bersumber pada data pola difraksi dari *Crystallography Open Database* (COD).



Gambar 1. Pola XRD sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01; 0,04$ dan $0,2$) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi

Pada Gambar 1 terlihat bahwa pola difraksi yang terbentuk untuk komposisi serbuk sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ dengan nilai $x = 0,01$ dan $x = 0,04$ menunjukkan indikasi terbentuknya multifasa, yaitu fasa Fe_2TiO_5 dan $FeTiO_3$. Puncak utama muncul pada sudut 2θ di sekitar sudut $35,2^\circ$ yang merupakan puncak bidang (221) dari Fe_2TiO_5 dengan struktur kristal *ortorombik*. Analisa ini diperkuat dengan kemunculan puncak-puncak lain yang juga merupakan karakteristik dari Fe_2TiO_5 , yaitu puncak

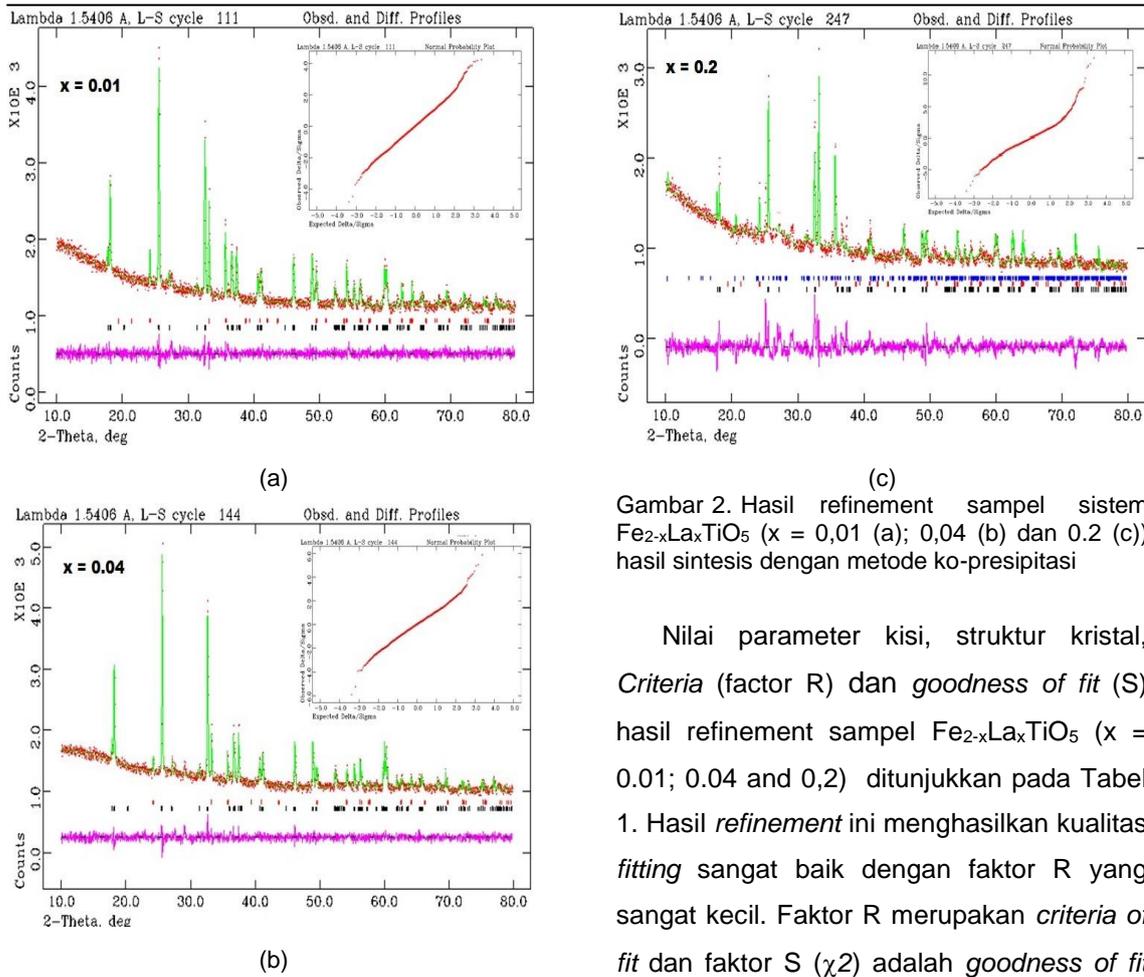
bidang (200) pada sudut sekitar $18,1^\circ$, (220) pada sudut sekitar $25,5^\circ$, (400) pada sudut sekitar $36,7^\circ$, (331) pada sudut sekitar $37,7^\circ$ (330) pada sudut sekitar $38,7^\circ$, (240) pada sudut sekitar $40,7^\circ$, (420) pada sudut sekitar $41,1^\circ$, (150) pada sudut sekitar $46,6^\circ$, (002) pada sudut sekitar $48,9^\circ$, (511) pada sudut sekitar $53,7^\circ$, (600) pada sudut sekitar $56,3^\circ$, (441) pada sudut sekitar $58,4^\circ$, (260) pada sudut sekitar $58,9^\circ$ dan (441) pada sudut sekitar $60,2^\circ$. Hasil identifikasi fasa Fe_2TiO_5 merujuk pada data yang dilaporkan oleh Gao dkk, 2015 (14) dan dikonfirmasi dengan data COD No. 96-200-2303. Sedangkan fasa FeTiO_3 muncul pada sudut 2θ di sekitar $38,0^\circ$ yang merupakan puncak bidang (104) memiliki struktur kristal *Rhombohedral* dan puncak lain yang merupakan karakteristik dari FeTiO_3 , yaitu pada sudut 2θ sekitar $22,0^\circ$ yang merupakan puncak bidang (003), (202) pada sudut sekitar $50,4^\circ$, (024) pada sudut sekitar $57,3^\circ$, (116) pada sudut sekitar $62,6^\circ$ dan (121) pada sudut sekitar $65,5^\circ$. Hasil identifikasi fasa FeTiO_3 ini dikonfirmasi dengan data COD No. 96-901-0916.

Peningkatan komposisi dengan nilai $x = 0,2$ menunjukkan munculnya fasa baru yaitu fasa dari La_2TiO_7 . Dengan demikian, peningkatan komposisi dengan nilai $x = 0,2$ terbentuk 3 fasa, yaitu fasa Fe_2TiO_5 , FeTiO_3 dan La_2TiO_7 . Fasa La_2TiO_7 muncul pada sudut 2θ di sekitar $29,8^\circ$ yang merupakan puncak bidang (212) memiliki struktur kristal *monoclinic* dan puncak lain yang merupakan karakteristik dari La_2TiO_7 , yaitu pada sudut 2θ sekitar $28,1^\circ$ yang merupakan puncak bidang (112), dan (124) pada sudut sekitar $57,7^\circ$. Hasil identifikasi fasa La_2TiO_7 ini

dikonfirmasi dengan data COD No. 96-400-0625.

Pada komposisi $x = 0,01$ dan $x = 0,04$ seharusnya telah terbentuk fasa tunggal dari pseudobrookite Fe_2TiO_5 , namun ternyata masih menyisakan FeTiO_3 . Pembentukan fasa Fe_2TiO_5 ini merupakan transformasi fasa FeTiO_3 pada suhu tinggi. Hal ini telah dijelaskan oleh peneliti sebelumnya Priyo Sardjono dan diagram fasa pembentukan Fe_2TiO_5 (15), sehingga fasa FeTiO_3 yang tersisa dalam komposisi $x = 0,01$ dan $x = 0,04$ diduga karena suhu sintering kurang tinggi atau waktu penahan pada suhu sintering tersebut kurang lama. Namun untuk komposisi $x = 0,2$ diduga bahwa substitusi atom La ke dalam struktur Fe_2TiO_5 terlalu besar sehingga struktur menjadi rusak dan membentuk fasa baru La_2TiO_7 , sebagai akibat kelebihan atom La yang tidak mampu ditampung oleh atom Fe sebagai bagian dari substitusi.

Analisis pola XRD secara kuantitatif dapat diperlihatkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 ditunjukkan hasil *refinement* pola XRD dari serbuk sistem $\text{Fe}_{2-x}\text{La}_x\text{TiO}_5$ ($x = 0,01$ dan $0,04$ dan $0,2$) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi. Hasil analisis struktur kristal berupa hasil *refinement fitting* dari pola XRD serbuk $\text{Fe}_{2-x}\text{La}_x\text{TiO}_5$ dengan nilai $x = 0,01$ dan $0,04$ menunjukkan bahwa telah terbentuk puncak-puncak difraksi yang terdiri dari multi fasa, yaitu fasa-fasa Fe_2TiO_5 , FeTiO_3 dan La_2TiO_7 .



Gambar 2. Hasil refinement sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$ (a); $0,04$ (b) dan $0,2$ (c)) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi

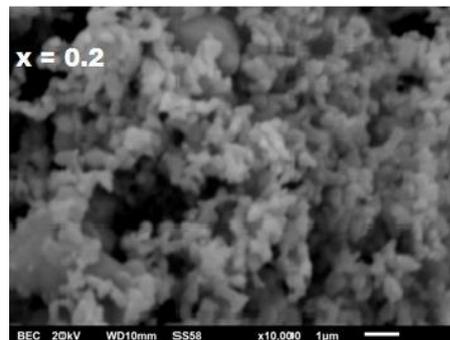
Nilai parameter kisi, struktur kristal, *Criteria* (factor R) dan *goodness of fit* (S) hasil refinement sampel $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$; $0,04$ and $0,2$) ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil *refinement* ini menghasilkan kualitas *fitting* sangat baik dengan faktor R yang sangat kecil. Faktor R merupakan *criteria of fit* dan faktor S (χ^2) adalah *goodness of fit* yang bernilai sangat kecil (15).

Tabel 1. Parameter kisi, kriteria (R factor) dan goodness of fit (S) sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$; $0,04$ dan $0,2$) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi

	$x = 0.01$	$x = 0.04$	$x = 0.2$
Fasa	Fe_2TiO_5		
Grup ruang	Fd-3m	Fd-3m	Fd-3m
Sistem kristal		orthorhombic	
Parameter kisi (Å)	$a = 3.7232$ $b = 9,7727$ $c = 9,9605$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = 3,7245$ $b = 9,7719$ $c = 9,9578$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = 3,7243$ $b = 9,7725$ $c = 9,9613$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
V (Å ³)	587.356	585.563	362,549
ρ (gr.cm ⁻³)	6.987	6.633	4,389
%	75.7	86.7	67.4
Fasa	$FeTiO_3$		
Grup ruang		R-3	
Sistem kristal		Rhombohedral	
Parameter kisi (Å)	$a = 5.0267$ $b = 5.0267$ $c = 13.7309$ $\alpha = \beta = \gamma = 54.83^\circ$	$a = 5,0262$ $b = 5,0262$ $c = 13,7306$ $\alpha = \beta = \gamma = 54.83^\circ$	$a = 5,0272$ $b = 5,0272$ $c = 13,7304$ $\alpha = \beta = \gamma = 54.83^\circ$
V (Å ³)	350.471	300,402	300,519
ρ (gr.cm ⁻³)	5.032	5,033	5,031
%	24.3	13.3	22.8

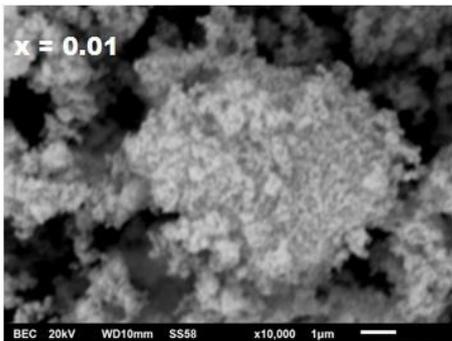
Fasa	La ₂ TiO ₇		
Grup ruang	-	-	P 112(1)
Sistem kristal	-	-	Monoclinic
Parameter kisi (Å)	-	-	a=13,0839
			b=11,5687
			c=3,9527
V (Å ³)	-	-	α=90°, β=98.6°, γ=90°
ρ(gr.cm ⁻³)	-	-	598,308
%	-	-	4,504
			9.8
Faktor R:			
Rwp	0.0306	0.0332	0.0565
Rp	0.0394	0.0494	0.0420
χ ²	1.262	1.399	3.4

Hasil pengamatan morfologi permukaan sampel sistem Fe_{2-x}La_xTiO₅ (x = 0.01; 0.04 dan 0,2) dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) ditunjukkan pada Gambar 3. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi lantanum (La) terhadap struktur mikro material. Foto SEM yang ditampilkan pada Gambar 3 merupakan hasil pembesaran gambar 10000x.

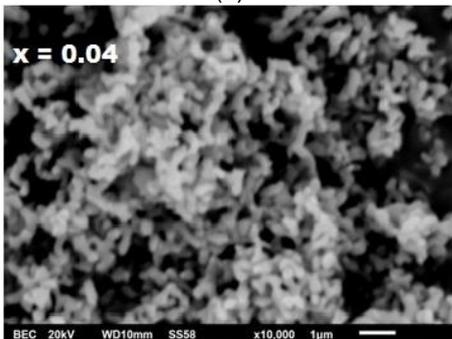


(c)

Gambar 3. Foto SEM sampel sistem Fe_{2-x}La_xTiO₅ (x = 0,01; 0,04 dan 0.2) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi



(a)



(b)

Komposisi sampel sistem Fe_{2-x}La_xTiO₅ dengan nilai x = 0,01 memiliki distribusi partikel yang tidak homogen. Hal ini sesuai dengan analisis XRD disebabkan fasa yang terbentuk pada material lebih dari satu fasa. Morfologi partikel sampel sistem Fe_{2-x}La_xTiO₅ dengan nilai x = 0,04 terlihat dominan memiliki bentuk partikel bulat agregat yang menunjukkan material relatif homogen dan merata di seluruh permukaan material. Hasil SEM bersesuaian dengan hasil analisis difraksi sinar-X yang menunjukkan dominan pembentukan fasa *pseudobrookite*. Hasil yang sama juga didapatkan oleh Enhessari,

et al (16) yaitu bentuk partikel $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ yaitu berupa *quasi-spheric* atau semi bulat. Sedangkan, morfologi permukaan sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ dengan nilai $x = 0,2$ masih terbentuk aglomerasi yaitu beberapa butiran dengan bentuk dan ukuran yang berbeda.

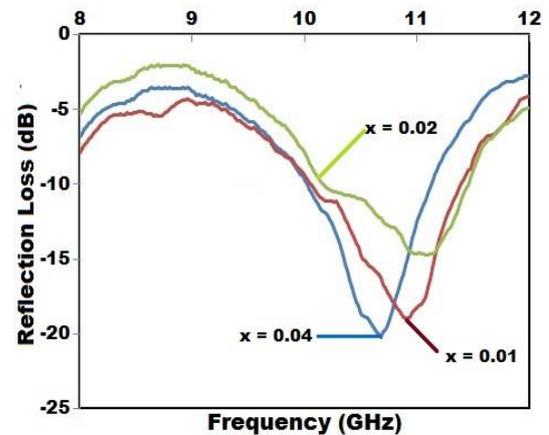
Komposisi unsur $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0.01$; 0.04 and 0,2) dianalisis menggunakan alat *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS). Data yang dihasilkan dari EDS berupa puncak-puncak energi yang mewakili suatu unsur yang terkandung didalam material tersebut. Secara rinci kandungan unsur yang ada di dalam material $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi massa serbuk $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0.01$; 0.04 and 0,2) dari spektrum EDS

Nilai x	Persen massa (%)			
	Fe	Ti	La	O
0,01	51,54	20,58	-	27,88
0,04	40,92	23,16	6,39	29,53
0,2	45,95	19,91	4,91	29,23

Serapan gelombang mikro serbuk $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$; 0,04 and 0,2) yang disintesis dengan metode ko-presipitasi diukur dengan alat VNA pada rentang frekuensi 8,0 – 12,0 GHz dalam bentuk kurva kehilangan refleksi (*reflection loss*, RL), yang

ditunjukkan pada Gambar 4. Kehilangan refleksi menunjukkan adanya mekanisme resonansi spin magnetik antara gelombang mikro dengan bahan yang diindikasikan adanya kecocokan impedansi sehingga terjadi serapan gelombang mikro (18). Pada Gambar 4 terlihat penurunan puncak RL yang berbeda-beda untuk setiap sampel dan pada range panjang gelombang yang lebar yaitu pada frekuensi 10 – 11 GHz dengan nilai *reflection loss* antara -11,87 dB sampai -24,85 dB, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Puncak RL yang paling rendah ditunjukkan oleh komposisi dengan $x = 0,04$ ($Fe_{1,96}La_{0,04}TiO_5$) adalah -24,85 dB pada frekuensi 10,52 GHz (serapan sebesar 94%).



Gambar 4. *Reflection loss* sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$; 0,04 dan 0.2) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi

Tabel 3. Nilai reflection loss sampel sistem $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ ($x = 0,01$; 0,04 dan 0.2) hasil sintesis dengan metode ko-presipitasi

X values	Sampel	Frequency (GHz)	RL (dB)	Microwave absorption (%)
0,01	$Fe_{1,99}La_{0,01}TiO_5$	10,66	-20,04	90,02
0,04	$Fe_{1,96}La_{0,04}TiO_5$	10,52	-24,85	94,47
0,2	$Fe_{1,8}La_{0,2}TiO_5$	10,68	-23,14	93,29

Hasil pengukuran ini sangat erat hubungan dengan hasil analisis refinement pola XRD serbuk $\text{Fe}_{2-x}\text{La}_x\text{TiO}_5$ ($x = 0,01; 0,04$ and $0,2$) yang menunjukkan pembentukan fasa Fe_2TiO_5 akibat doping dengan La. Semakin banyak fasa Fe_2TiO_5 yang terbentuk maka serapan gelombang mikro semakin besar. Doping La dengan nilai $x = 0,04$ membentuk fasa Fe_2TiO_5 paling banyak dibanding dengan nilai x lainnya yaitu sebanyak 86,7%, dengan serapan sebesar 94%. Hasil ini juga didukung oleh data SEM/EDS yaitu keberadaan atom Fe dan La di dalam sampel menunjukkan besarnya serapan gelombang mikro. Syarat penting dari penyerapan gelombang mikro adalah bahan tersebut harus memiliki sifat permeabilitas magnetik dan permitivitas listrik yang baik, namun keduanya merupakan bilangan kompleks yang saling terkait, sehingga melalui parameter *reflection loss* inilah dapat diketahui peningkatan kemampuan penyerapan dari bahan tersebut (19). Hal ini memberikan arti bahwa kehadiran La dapat meningkatkan sifat permitivitas listrik pada bahan yang sudah memiliki sifat permeabilitas karena hadirnya kandungan Fe dalam sistem *pseudobrookite* ini.

4. KESIMPULAN

Doping ion La^{3+} pada sistem *pseudobrookite* Fe_2TiO_5 dengan metode ko-presipitasi menghasilkan senyawa komposit dimana komposisi $x = 0,01$ dan $x = 0,04$ ditemukan 2 fasa yaitu Fe_2TiO_5 dan FeTiO_3 , sedangkan komposisi $x = 0,2$ ditemukan 3 fasa yaitu fasa Fe_2TiO_5 , FeTiO_3 dan La_2TiO_7 .

Namun, pembentukan fasa Fe_2TiO_5 sangat mempengaruhi besarnya serapan gelombang mikro oleh sampel. Berdasarkan hasil analisis pola XRD diketahui bahwa komposisi dengan nilai $x = 0,04$ menunjukkan pembentukan fasa Fe_2TiO_5 paling banyak. Hasil pengujian serapan gelombang mikro dengan VNA menunjukkan bahwa komposisi dengan nilai $x = 0,04$ memberikan serapan paling tinggi yaitu sekitar 94% pada frekuensi 10,52 GHz. Dengan demikian, sampel $\text{Fe}_{1.96}\text{La}_{0.04}\text{TiO}_5$ dapat diaplikasikan sebagai bahan untuk penyerap gelombang mikro.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diucapkan kepada kepala Pusat Sains dan Teknologi Bahan Nuklir (PSTBM - BATAN) yang telah memberi kepercayaan pada kami untuk melaksanakan penelitian, yang didanai dari DIPA tahun 2015-2019. Serta semua pihak yang telah membantu kami dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Malhotra, S., M. Chitkara, & I.S. Sandhu. Microwave Absorption Study of Nano Synthesized Strontium Ferrite Particles in X Band, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. 2015; (10); 115-120.
2. Sun Y, Feng C, Liu X, Wing S, Ji C. Synthesis, Characterization and Microwave Absorption of Carbon-coated Cu Nanocapsules. Materials Research. 2014; 17(2): 477-482.

3. Teber, A., K. Cil, T. Yilmaz, B. Eraslan, D. Uysal, G. Surucu, A.H. Baykal, & R.Bansal. Manganese and Zinc Spinel Ferrites Blended with Multi-Walled Carbon Nanotubes as Microwave Absorbing Materials. *Aerospace*. 2017; 4 (2).
4. Ghasemi A, Hossienpour, Morisako A, Saatchi A, Salehi M. Electromagnetic Properties and Microwave Absorbing Characteristics of Doped Barium Hexaferrite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2006; 302 (2); 429-435.
5. Tripathi, K. C., S.M Abbas, P.S. Alegaonkar, & R.B. Sharma. Microwave Absorption Properties of Ni-Zn Ferrite Nano-Particle based Nano Composite. *International Journal of Advanced Research in Science. Engineering and Technology*. 2015; 2 (2); 463-468.
6. Mohamed H. H. Mahmoud, Mahmoud M. Hessien, Abdulrahman Alhadhrami, and Adel A. Gobouri. Physicochemical Properties of Pseudobrookite Fe₂TiO₅ Synthesized from Ilmenite ore by co-Precipitation Route. *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2018; doi: 10.5277/ppmp18131.
7. Meng P, Xiong K, Ju K, Li S, Xu G. Wide Band and Enhanced Microwave Absorption Performance of Doped Barium Ferrite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2015; 385; 407-411
8. Majid Ramezani, Afshin Davoodi, Afsaneh Malekizad. Synthesis and Characterization of Fe₂TiO₅ Nanoparticles through a Sol-Gel Method and its Photocatalyst Applications. *J Mater Sci: Mater Electron*. 2015; p. 1-6. DOI 10.1007/s10854-015-2930-6
9. Mingxu Sui, Xiaodong Sun, Hongfei Lou, Xiaopeng Li, Xuliang Lv, Ling Li, Guangxin Gu, Synthesis of Hollow Fe₃O₄ Particles via One-step Solvothermal Approach for Microwave Absorption Materials: Effect of Reactant Concentration, Reaction Temperature and Reaction Time. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 2018; 29:7539-7550, <https://doi.org/10.1007/s10854-018-8746-4>
10. Yunasfi, Mashadi dan Mulyawan, A, Sintesis Bahan Absorber Gelombang Mikro Ni_(1,5-x) La_xFe_{1,5}O₄ dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 19, No. 1; Oktober 2017; hal. 19-24
11. S.Ponmani, R. Vishnupriya, T. Rajeshwari and M. Ramesh Prabhu. Preparation and Characterization of Pseudobrookite (Fe₂TiO₅) Nano Composite for Fuel Cell Applications. *International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD) IC MNRE-2018*. 2018; Volume 5, Special Issue 07; 1-5
12. Farooq, H., M.R. Ahmad, Y. Jamil, A. Hafeez, Z. Mahmood, & T. Mahmood. Structural and Dielectric Properties of Manganese Ferrite Nanoparticles. *Journal of Basic & Applied Sciences*. 2012; Vol 8; 597-600
13. Titin Anggraini. Synthesis and characteristic of Fe_{2-x}La_xTiO₅ as electromagnetic wave absorber. Under Graduate Thesis. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta. 2016
14. X. M. Gao, M. W. Li, Y. L. Hou and C. Y. Wang. Characterisation of Fe₂TiO₅

- Nanocrystallites Synthesised via Homogeneous Precipitation. *Materials Research Innovations*. 2015; Vol 19; (1), pp. 1-6
15. Toby BH. R Factors in Rietveld Analysis: How Good is Good enough ? *Powder Diffraction*. 2006; 21(1); 67-70.
16. M. Enhessari, M. Kargar Razi, L. Etemad, A. Parviz and M. Sakhaei. Structural, Optical and Magnetic Properties of the Fe_2TiO_5 Nanopowders. *Journal of Experimental Nanoscience*. June 2012; 1-10.
17. Li Guo Min, Wang Lian Cheng, and Xu Yao. Templated Synthesis of Highly Ordered Mesoporous Cobalt Ferrite and Its Microwave Absorption Properties. *Chin. Phys. B*. 2014; vol. 23; no. 8; pp. 088105 (1-7).