

## Analisis Struktur Kristal dan Sifat Kemagnetan Material Komposit Perovskite Manganit $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3/\text{ZnO}$

Muhammad Umar Faruqi <sup>†</sup>, Arif Tjahjono, Sitti Ahmiatri Saptari

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan Ir. H. Djuanda No.95, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15412, Indonesia

<sup>†</sup>[umaruqi28@gmail.com](mailto:umaruqi28@gmail.com)

### Abstrak

Perovskite manganit merupakan salah satu rekayasa material yang dapat menghasilkan perubahan fenomena fisika. Telah berhasil dibuat material berbasis perovskite manganit  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  menggunakan metode *sol-gel* dan dikompositkan dengan ZnO ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> (x = 0; 0,3; 0,5; 0,7). Hasil pengujian *X-Ray Diffraction* menunjukkan sampel  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  berstruktur tunggal ortorombik dan sampel ZnO pada ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub> berstruktur heksagonal tunggal. Hasil pengujian *Field Emission Scanning Electron Microscope* menunjukkan sampel telah homogen dengan rata-rata ukuran butir 0,188  $\mu\text{m}$ . Hasil pengujian *Vibrating Sample Magnetometer* menunjukkan sampel ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub> bersifat paramagnetik dan mengalami penurunan sifat magnetik juga suseptibilitas seiring dengan penambahan konsentrasi material ZnO.

**Kata kunci** : Komposit, Magnetisasi, NSMO, ZnO.

### Abstract

*Perovskite manganite is one of the manipulation materials that can produce changes in physical phenomena. Perovskite material  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  has been made with the sol-gel method and then composites with ZnO ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> (x = 0; 0.3; 0.5, 0, 7). The results of the X-Ray Diffraction characterization test showed samples of  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  and ZnO each with a single orthorhombic phase with a Pnma space group and a single hexagonal with a P63mc space group. The results of the Field Emission Scanning Electron Microscope characterization test showed that the samples were homogeneous with an average grain size of 0,188  $\mu\text{m}$ . Vibrating Sample Magnetometer characterization test results show composite material ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> are paramagnetic and the increasing composition of ZnO material decreases the magnetization and susceptibility value of sample*

**Keywords** : NSMO, ZnO, Magnetization, Composite.

**DOI**: 10.15408/fiziya.v3i1.16158

## PENDAHULUAN

Perovskite manganit merupakan salah satu hasil dari rekayasa material yang dapat menghasilkan perubahan fenomena fisika pada material, seperti perubahan struktur kristal, transfer elektron, dan sifat magnetiknya. Perovskit Manganit yang telah didoping  $RE_{1-x}A_xMnO_3$  (RE = elemen logam tanah jarang trivalent, A = elemen logam alkali divalent) telah menarik banyak minat peneliti karena berbagai sifat struktural, magnetik, listrik dan juga menunjukkan berbagai fenomena menarik seperti *Colossal Magnetoresistance* (CMR) dan *Magnetocaloric effect* (MCE) pada material tersebut [1].

Umumnya material berbasis perovskite manganit direkayasa dengan mensubstitusi ion. Pada penelitian oleh Ahmed *et al* yang mengkompositkan material NSMO dengan senyawa  $CrO_3$  menunjukkan bahwa penambahan senyawa  $CrO_3$  pada NSMO memperbesar nilai resistivitas dan mengurangi *Transisi Metal-Insulator* ( $T_{MI}$ ). Salah satu material yang unik untuk direkayasa yaitu material ZnO. Material ZnO memiliki energi pengikat yang besar, transparansi yang baik, serta stabilitas jangka panjang. Karena sifat-sifatnya itu material ZnO ditemukan di berbagai aplikasi-aplikasi teknologi seperti sensor, laser, solar sel, dll [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan sifat kemagnetan material  $(Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3)_{1-x}/(ZnO)_x$  ( $x = 0; 0,3; 0,5; 0,7$ ) dengan sampel  $Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3$  (NSMO) yang disintesis menggunakan metode sol-gel dan dikompositkan dengan ZnO menggunakan ethanol. Sampel akan melewati beberapa pengujian karakterisasi yaitu karakterisasi fasa, struktur kristal serta parameter kristalnya menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), karakterisasi morfologi menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM), dan karakterisasi sifat magnetisasi sampel menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

## METODE

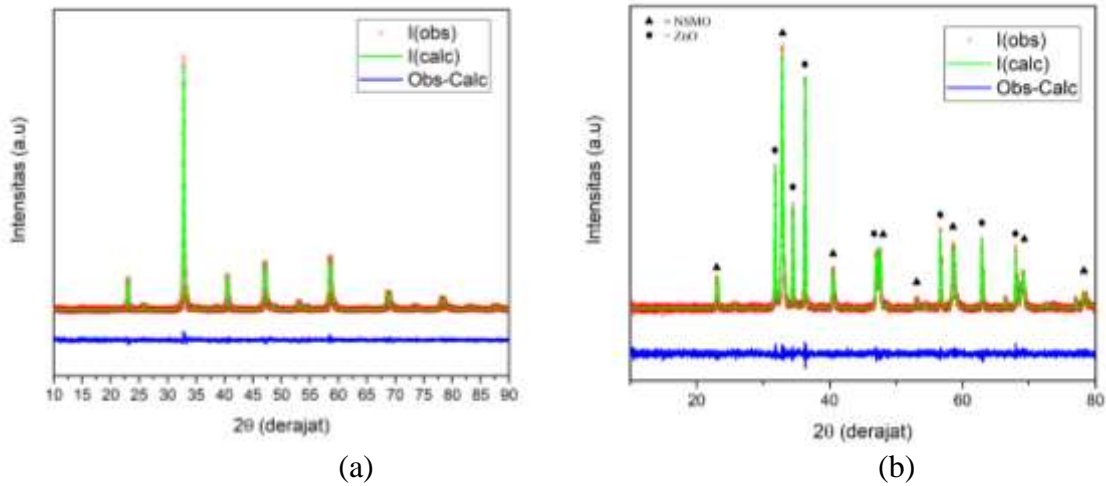
$Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3/ZnO$  telah berhasil dibuat dengan metode *sol-gel*. Prekursor pada senyawa  $Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3/ZnO$  yaitu  $Nd_2(NO_3)_2$ ,  $Sr(NO_3)_2$ ,  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ,  $C_6H_8O_7$ . Masing-masing prekursor dilarutkan menggunakan air suling, dan  $Nd_2(NO_3)_2$  ditambahkan dengan asam nitrat ( $HNO_3$ ) sampai mendapatkan larutan bening yang dilanjutkan dengan mencampurkan semua prekursor. Campuran prekursor kemudian diaduk dan dipanaskan hingga  $80^\circ C$  di atas *hot plate* magnetik. Kemudian ditambahkan larutan ammonia hingga pH 7. Setelah campuran menggumpal membentuk wujud jel, kemudian sampel didehidrasi pada suhu  $120^\circ C$  untuk menghilangkan kandungan air. Setelah itu proses pra kalsinasi pada suhu  $650^\circ C$  selama 6 jam dan kalsinasi  $1000^\circ C$  selama 12 jam. Setelah proses kalsinasi selanjutnya sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat sampel telah berfasa tunggal. Selanjutnya mengkompositkan sampel dengan senyawa ZnO dengan cara mencampurkan keduanya menggunakan ethanol kemudian diaduk dan didehidrasi dengan suhu  $100^\circ C$ . Pengujian selanjutnya yaitu analisis morfologi dan ukuran butir menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM). Kemudian dilanjut dengan pengujian sifat kemagnetan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi XRD

Sampel NSMO dan  $(NSMO)_{0,5}/(ZnO)_{0,5}$  dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui fasa, struktur kristal, dan parameter kisi pada sampel. Hasil karakterisasi XRD terhadap sampel NSMO dan  $(NSMO)_{0,5}/(ZnO)_{0,5}$  tersaji pada Gambar 1 dan 2 yang menunjukkan adanya perbedaan pola XRD berupa banyaknya puncak yang signifikan pada sampel NSMO sebelum dan sesudah dikompositkan dengan ZnO. NSMO yang telah dikompositkan dengan ZnO memiliki lebih banyak puncak dibandingkan dengan sebelum dikompositkan.

Informasi pada sampel yang telah dikarakterisasi XRD dapat diketahui melalui metode *rietveld refinement* yang berupa fasa, struktur kristal, dan parameter kisi menggunakan software GSAS (General Structure Analysis System) [3].



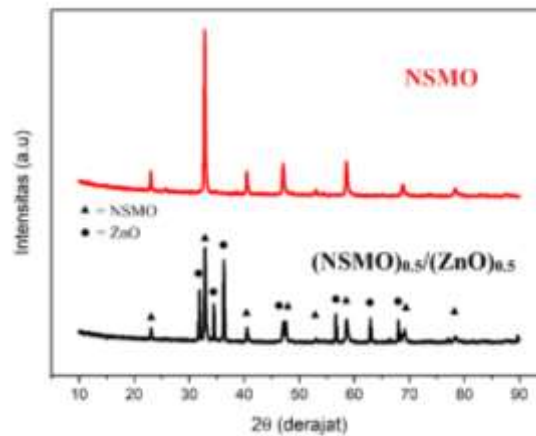
**Gambar 1.** Grafik pola XRD pada NSMO (a) sebelum dan (b) sesudah dilakukan *rietveld refinement*.

Gambar 1.a memperlihatkan hasil pengolahan data XRD sampel NSMO. Hasil pengolahan data yang didapat berupa chi-square ( $\chi^2$ ) sebesar 1,284. Besar nilai  $\chi^2$  digunakan untuk menentukan kecocokan antara *database* dan data hasil karakterisasi seperti yang dikatakan M. Hikam bahwa hasil *fitting* terbaik ada pada karakterisasi dengan nilai  $\chi^2$  berkisar antara 1,00 sampai 1,30 [4]. Dari hasil pengolahan menunjukkan bahwa sampel memiliki fasa tunggal dengan tidak ditemukan adanya fasa pengotor.

Gambar 1.b memperlihatkan hasil pengolahan data XRD sampel  $(\text{NSMO})_{0.5}/(\text{ZnO})_{0.5}$ . Hasil pengolahan data yang didapat berupa  $\chi^2$  sebesar 1,296 yang menunjukkan bahwa sampel sudah memiliki kecocokan yang baik dengan database. Parameter kisi pada sampel NSMO yang telah dikomposit tidak berbeda jauh dari sebelum dikomposit seperti yang terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Informasi kristalografi hasil analisis material (NSMO)<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub>.

Parameter	Sampel 1		Sampel 2	
	NSMO	NSMO	ZnO	
<b>Space Group</b>	Pnma	Pnma	p63mc	
a (Å)	5.4646	5.4620	3.2494	
b (Å)	7.7029	7.7045	3.2494	
c (Å)	5.4638	5.4720	5.2057	
V (Å <sup>3</sup> )	229.996	230.277	47.603	
Ukuran kristal rata-rata (nm)	35	41		
<b>Discrepancy factors</b>				
RwP (%)	4.68	4.24		
Rp (%)	3.7	3.39		
Chi Square ( $\chi^2$ )	1.284	1.296		
<b>Panjang Ikatan (Å)</b>				
Mn-O(1)	1.820	1.913		
Mn-O(2)	2.078	2.029		
<Mn-O>	1.950	1.935		
<b>Sudut Ikatan (°)</b>				
Mn-O(1)-Mn	164.677	157.193		
Mn-O(2)-Mn	161.681	167.552		
<Mn-O-Mn>	163.179	162.373		
<b>Bandwidth</b>				
W(10 <sup>-2</sup> )(u.a)	9.56	9.37		
<b>Tolerance Factor</b>				
Goldsmith	0,933			

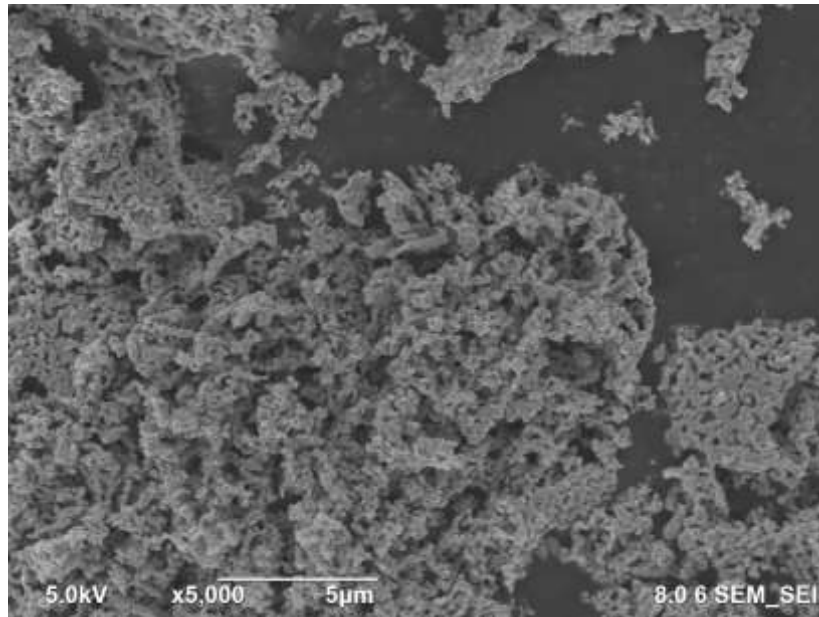


**Gambar 2.** Grafik pola XRD pada material NSMO dan (NSMO)<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub>.

Gambar 2 memperlihatkan hasil perbandingan pola XRD pada material NSMO sebelum dan sesudah komposit yang menunjukkan bertambahnya puncak pada sampel yang telah dikompositkan. Puncak yang bertambah pada sampel komposit menunjukkan adanya puncak ZnO dan NSMO yang tidak tergabung satu sama lain. Hal ini dapat membuktikan bahwa sampel berhasil dikompositkan. Seperti yang dijelaskan oleh W D Callister bahwa komposit merupakan material multifase yang memiliki sifat kombinasi yang baru [5].

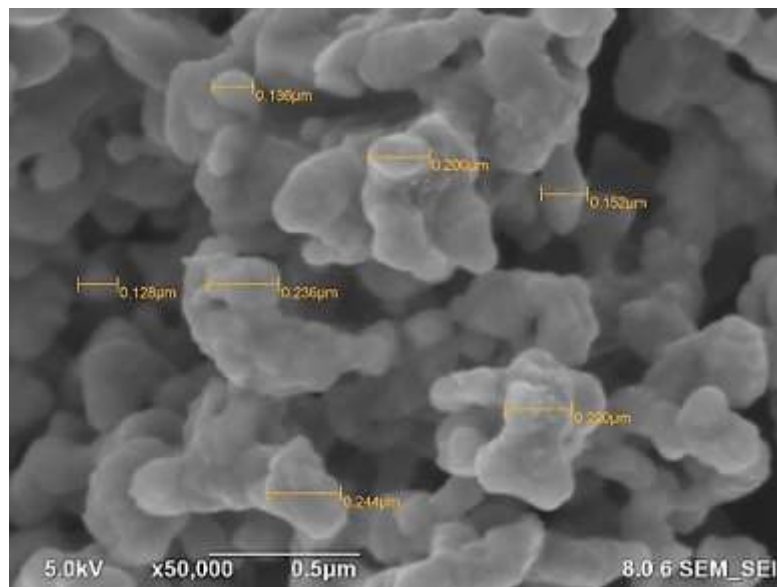
## Karakterisasi FESEM

Morfologi mikrostruktur pada sampel NSMO yang dikarakterisasi menggunakan FESEM dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



**Gambar 3.** Hasil karakterisasi FESEM material  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  dengan perbesaran 5000 kali.

Gambar 3 memperlihatkan hasil karakterisasi mikrostruktur pada sampel NSMO dengan perbesaran 5000 kali. Terlihat bahwa *grain* pada sampel tersebar merata dan memiliki bentuk yang relatif sama di tiap titik. Ini menunjukkan bahwa sampel NSMO telah memiliki struktur yang homogen.

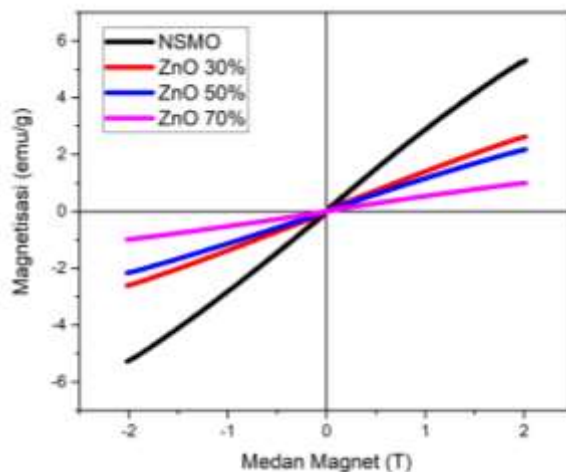


**Gambar 4.** Hasil karakterisasi FESEM material  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  dengan perbesaran 50000 kali.

Gambar 4 memperlihatkan hasil mikrostruktur NSMO yang diambil pada perbesaran 50000 kali. Ukuran *grain* yang didapat dari beberapa titik yaitu 0,128, 0,136, 0,200, 0,152, 0,236, 0,220, 0,244 µm. Ukuran *grain* rata-rata sampel NSMO menjadi 0,188 µm. Ukuran rata-rata *grain* pada sampel ini menunjukkan bahwa material tidak membentuk struktur nanopartikel.

## Pengujian VSM

Karakterisasi selanjutnya yaitu mengukur sifat magnetik sampel dengan menggunakan alat VSM. Hasil uji sifat kemagnetan pada sampel  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$  ( $x = 0, 0,3; 0,5; 0,7$ ) dengan medan magnet 2 T di suhu ruang (298 K) dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik magnetisasi sampel  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$  ( $x = 0; 0,3; 0,5; 0,7$ ) terhadap medan magnet pada suhu ruang.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa sampel memiliki sifat magnetisasi yang kecil. Kurva pada sampel berbentuk linier yang menandakan sampel bersifat paramagnetik seperti yang dijelaskan oleh Brian *et al* bahwa paramagnetik memiliki kurva magnetisasi linier juga memiliki susceptibilitas ( $\chi$ ) konstan, positif, dan kecil [6].

Kurva pada Gambar 5 menunjukkan bahwa sampel NSMO tanpa komposit memiliki nilai magnetisasi lebih besar yaitu sebesar 5.24 emu/g dibandingkan dengan setelah dikompositkan. Saat material dikompositkan  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$  dengan  $x = 0,3$  nilai magnetisasinya berkurang menjadi 2.63 emu/g. Saat komposisi  $x$  ditambah menjadi  $x = 0,5$  nilai magnetisasinya berkurang lagi menjadi 2.18 emu/g. Sampai dengan penambahan komposisi  $x = 0,7$  nilai magnetisasi masih berkurang menjadi 1 emu/g. Material NSMO bersifat paramagnetik saat diberikan medan magnet sebesar 2 T di suhu ruangan dengan nilai magnetisasi antara 0 - 10 emu/g [7][8][9].

**Tabel 2.** Hasil uji kemagnetan sampel  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$ .

Komposisi komposit (x)	Magnetisasi (emu/g)	Suseptibilitas (emu/g.T)
0	5,24	2,62
0,3	2,63	1,32
0,5	2,18	1,09
0,7	1	0,5

Hasil magnetisasi menunjukkan bahwa kehadiran material ZnO dapat mengurangi nilai magnetisasi pada material komposit  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$ . Hal ini dialami juga oleh Navin *et al* dengan menggunakan material komposit yang sama (ZnO) pada LSMO. Navin menyebutkan bahwa berkurangnya nilai magnetisasi seiring penambahan material ZnO mengindikasikan adanya pelemahan pada keteraturan magnet ferromagnetik [10].

Nilai *bandwidth* yang semakin kecil juga mengindikasikan adanya gangguan pada ikatan Mn dan O yang menyebabkan penurunan nilai magnetisasi. Ahmed *et al* pada penelitiannya menggunakan komposit NSMO/CrO<sub>3</sub> menyebutkan bahwa substitusi ion Cr<sup>3+</sup> terhadap Mn<sup>3+</sup> melemahkan sifat magnetik dan interaksi DE, sedangkan interaksi DE berpengaruh terhadap nilai *bandwidth*. Semakin kecil nilai *bandwidth* maka akan menyebabkan pelemahan pada DE [11].

Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *bandwidth* pada material akan melemahkan nilai magnetisasinya pula.

Kerentanan suatu material terhadap sifat magnetik dapat dilihat dari nilai suseptibilitas material tersebut melalui persamaan sebagai berikut [12]:

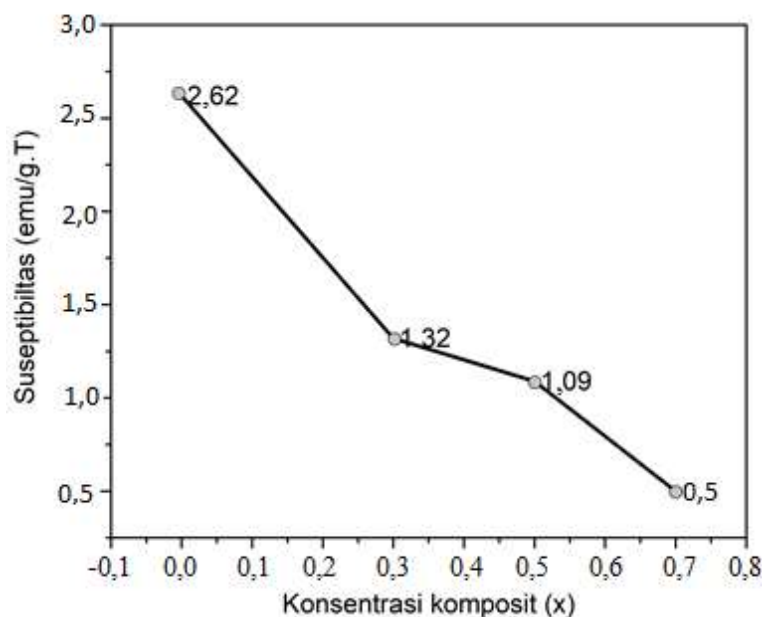
$$\chi = \frac{M}{H} \quad (1)$$

Dimana:

$\chi$  = Nilai suseptibilitas (emu/g.T)

M = Nilai magnetisasi (emu/g)

H = Nilai medan magnet (T)



**Gambar 6.** Grafik Suseptibilitas terhadap komposisi komposit (NSMO)<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> (x = 0; 0,3; 0,5; 0,7).

Terlihat dari Gambar 6 bahwa sampel memiliki nilai suseptibilitas yang semakin mengecil seiring dengan penambahan komposisi x. Nilai suseptibilitas pada sampel bernilai kecil dan positif. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel memiliki sifat paramagnetik seperti yang dijelaskan oleh Brian *et al* bahwa paramagnetik memiliki suseptibilitas ( $\chi$ ) positif, dan kecil.

## PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sampel NSMO dapat disintesis melalui metode sol-gel dan dikompositkan dengan ZnO dengan variasi x = 0; 0,3; 0,5; 0,7.
2. Sampel komposit NSMO<sub>0,5</sub>/ZnO<sub>0,5</sub> tidak mengalami perubahan struktur kristal, terdapat perubahan yang tidak signifikan pada parameter kisi, panjang dan sudut ikatan Mn-O.
3. Nilai magnetisasi dan suseptibilitas sampel komposit NSMO/ZnO mengalami penurunan seiring dengan penambahan komposisi ZnO.

## REFERENSI

- [1] E. Dagotto, T. Hotta, and A. Moreo, "Colossal Magnetoresistant Materials: The Key Role of Phase Separation," vol. 344, pp. 1–153, 2001.
- [2] A. Chanda, S. Gupta, M. Vasundhara, S. R. Joshi, G. R. Mutta, and J. Singh, "Study of structural, optical and magnetic properties of cobalt doped ZnO nanorods," *RSC Adv.*, vol. 7, no. 80, pp. 50527–50536, 2017.

- [3] A. C. Larson and R. B. Von Dreele, "General Structure Analysis System (GSAS)." Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, 2004.
- [4] M. Hikam, *Studi Awal Tentang Kristal (Optik dan Sinar-X)*, " dalam *Kristalografi dan Teknik Difraksi*. FMIPA, Universitas Indonesia, 2007.
- [5] W. D. Callister and J. Wiley, *Materials Science and Engineering : an Introduction*, 7Th ed. United State, 2007.
- [6] B. D. Plouffe, "Fundamentals and application of magnetic particles in cell isolation and enrichment : A review," no. December, 2014.
- [7] I. A. Abdel-Latif *et al.*, "Magnetocaloric effect, electric, and dielectric properties of Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>Mn<sub>x</sub>Co<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub> composites," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 457, pp. 126–134, 2018.
- [8] A. M. Ahmed, H. F. Mohamed, A. K. Diab, S. A. Mohamed, S. Garcia-Granda, and D. Martinez-Blanco, "Influence of heat treatment on the magnetic and magnetocaloric properties in Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>MnO<sub>3</sub> compound," *Solid State Sci.*, vol. 57, pp. 1–8, 2016.
- [9] M. K. Hamad, Y. Maswadeh, and K. A. Ziq, "Effects of Ni substitutions on the critical behaviors in Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>Mn<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>O<sub>3</sub> manganite," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 491, no. July, pp. 0–7, 2019.
- [10] K. Navin and R. Kurchania, "Structural, magnetic and transport properties of the La<sub>0,7</sub>Sr<sub>0,3</sub>MnO<sub>3</sub>-ZnO nanocomposites," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 448, pp. 228–235, 2018.
- [11] A. M. Ahmed, H. F. Mohamed, A. K. Diab, and S. A. Mohamed, "Synthesis, characterization and low field magnetotransport of Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>MnO<sub>3</sub>/CrO<sub>3</sub> composite," *Indian J. Phys.*, vol. 91, no. 2, pp. 169–181, 2017.
- [12] J. Schneck, "The role of magnetic susceptibility in magnetic resonance imaging: MRI magnetic compatibility of the first and second kinds," *Medical Physics*, vol. 23, no. 6. pp. 815–850, 1996.