



Sifat Magentik Material $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$ dari LaMnO_3 dan BaMnO_3 Menggunakan Metode Kombinasi Sol-Gel dan Solid State

Nelis Sa'adah¹, Jumaeri¹, dan Witha Berlian K. Putri^{2✉}, Dicky Munazat², dan Budhy Kurniawan²

¹Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

²Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 440-442 Telp. (021)7560570 Tangerang Selatan 15214

Info Artikel

Diterima Januari 2020

Disetujui Maret 2020

Dipublikasikan Mei 2020

Keywords:

sifat magnetik
perovskite manganite
metode kombinasi

Abstrak

Perovskite manganite merupakan material magnet berbasis oksida mangan dengan struktur dasar AMnO_3 . Interaksi antara struktur dan transport elektron material dipelajari melalui substitusi pada posisi A. Material *perovskite* memiliki sifat fisika dasar yang menarik, yaitu *magnetoresistance* dan *magnetocaloric*. Tujuan penelitian ialah untuk mempelajari sifat magnetik material *perovskite* $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$, dari senyawa berfasa tunggal LaMnO_3 dan BaMnO_3 menggunakan metode kombinasi sol-gel dan *solid state*. Sintesis senyawa LaMnO_3 dan BaMnO_3 dilakukan menggunakan metode sol gel. Sedangkan sintesis senyawa $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$ dilakukan menggunakan metode *solid state*, yaitu dengan mencampurkan serbuk LaMnO_3 dan BaMnO_3 secara mekanik dan dilakukan sintering pada suhu 1000°C selama 24 jam. Karakterisasi sifat magnetik $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$ menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* diketahui bahwa material bersifat paramagnetik tergolong *soft-magnetic*.

Abstract

Perovskite manganite is a manganese oxide-based magnetic material with the basic structure of AMnO_3 . Interactions between structures and electron transport of materials are studied of the substitution at position A. *Perovskite* material has interesting physical properties, such as *magnetoresistance* and *magnetocaloric*. The goal of research is to study the magnetic properties $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$ from *single-phase* LaMnO_3 and BaMnO_3 compounds by combination sol-gel and *solid state* methods. Synthesis of LaMnO_3 and BaMnO_3 compounds using gel sol methods. The synthesis of $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$ using *solid state* method, that is by mixing LaMnO_3 and BaMnO_3 powder mechanically and sintering at 1000°C for 24 hours. The characterization magnetic properties of $\text{La}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{MnO}_3$ using *Vibrating Sample Magnetometer* indicate that the material is paramagnetic classified as *soft-magnetic*.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Pusat Penelitian Fisika LIPI Puspiptek Serpong Tangerang Selatan 15214

E-mail: withaberlian@gmail.com

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Perovskite manganite merupakan material magnet berbasis mangan oksida (manganite) dengan struktur dasar $AMnO_3$, di mana A adalah unsur lantanida atau alkali tanah (seperti Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , dan lainnya) (Arunachalam, *et al.*; 2018). Transfer elektron dari material $AMnO_3$ dipengaruhi oleh ion doping pada posisi A yang dapat menyebabkan terjadinya distorsi kisi dan peningkatan *double exchange interaction* (Winarsih, *et al.*; 2016). Terjadinya substitusi ion divalen pada posisi A karena adanya distorsi simetris struktur kristal atau efek *Jahn Teller* (Coey dan Von Molnar, 1999).

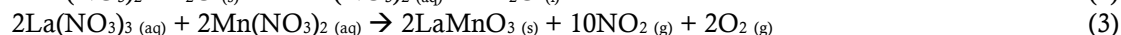
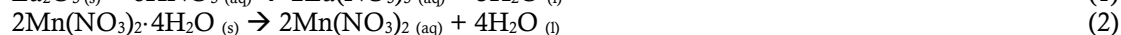
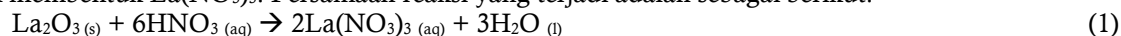
Sifat magnetik material *perovskite* muncul pada atom Mn yang mengalami perubahan valensi sebagai akibat terjadinya *charge-ordering*, sehingga menyebabkan perubahan struktur Mn. *Charge ordering* atom Mn akan menimbulkan terjadinya transisi temperatur material yang menyebabkan adanya transisi sifat magnetik (Coey dan Von Molnar, 1999). *Charge ordering* tersebut dapat terjadi secara *double exchange* dan *super-exchange*. *Double exchange* terjadi pada material feromagnetik, sedangkan *super-exchange* terjadi pada material antiferomagnetik. *Double exchange interaction* merupakan mekanisme terjadinya penggantian ion Mn^{3+} ($3d^4$, $t_{2g}^3 \uparrow e_g^1 \uparrow$) oleh ion Mn^{4+} ($3d^3$, $t_{2g}^3 \uparrow e_g^0 \uparrow$) (Ezaami *et al.*, 2016; Xiao *et al.*, 2019). Akibat penggantian tersebut menyebabkan terjadinya hole pada e_g band dan kemungkinan terjadi transfer muatan dalam keadaan e_g melalui oksida dalam keadaan $2p$ (Munazat, 2018). *Super-exchange interaction* merupakan interaksi magnetik yang terjadi antara sesama ion Mn^{3+} yang saling berdekatan melalui ion oksida, O^{2-} (Sableku dan Wisnu, 2013).

Faktor yang mempengaruhi sifat magnetik material *perovskite* antara lain jenis ion doping, konsentrasi ion doping, dan suhu sintering (Ezaami *et al.*; 2016). Promosi atau transisi sifat magnetik *perovskite* bergantung pada optimasi dan temperatur Curie (T_c) material pada suhu ruang. Material *perovskite manganite* memiliki berbagai sifat fisika yang menarik yaitu *colossal magnetoresistance* (CMR), terjadinya *charge ordering*, terjadi transisi sifat feromagnetik (FM)–paramagnetik (PM), memiliki efek entropi *giant-magnetic*, terjadi pemisahan fasa elektronik dan fasa metal–insulator, serta adanya perbedaan fasa struktur pada diagram fasa material (Xia *et al.*, 2017; Arunachala *et al.*, 2018).

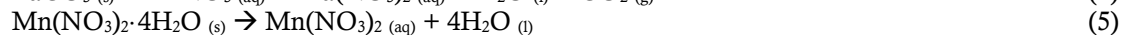
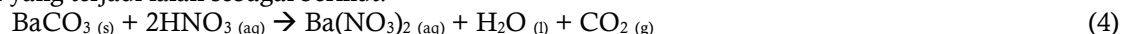
Lanthanum manganite, $LaMnO_3$, merupakan salah satu material *perovskite* yang mempunyai sifat seperti paramagnetik insulator pada suhu tinggi dan antiferomagnetik insulator pada suhu rendah (Munazat, 2018). Barium manganite, $BaMnO_3$, merupakan material keramik berstruktur heksagonal dengan oksigen pada kisi berpusat muka (*face cubic center*) (Abbas *et al.*, 2017). Struktur $BaMnO_3$ dapat dilihat sebagai distorsi kecil dari struktur *perovskite* yang dihasilkan dari kemiringan bentuk oktahedron oksigen (Fang *et al.*, 2013). Penambahan senyawa $BaMnO_3$ pada $LaMnO_3$ dapat menyebabkan substitusi ion divalen Ba^{2+} pada La dalam sistem $LaMnO_3$. Terjadinya substitusi ion Ba^{2+} pada $LaMnO_3$ dapat menyebabkan terjadinya transisi sifat magnetik material dari antiferomagnetik ke paramagnetik.

Metode

Bahan yang digunakan antara lain La_2O_3 (*Aldrich Chemistry*, $\geq 99\%$), $BaCO_3$ (*Sigma-Aldrich*, $\geq 99\%$), $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (*Merck for analysis*), asam sitrat, $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ (*Merck for analysis*), larutan NH_3 (*Smart-Lab analytical reagent*, 25%), dan HNO_3 (*Pudak Scientific*, 65%). Sintesis senyawa $LaMnO_3$ dilakukan menggunakan metode sol gel, dengan perbandingan mol $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ dan La_2O_3 1:2. Rasio molar asam sitrat : total ion nitrat adalah 1,2 : 1,0. Prekursor La_2O_3 dilarutkan terlebih dahulu dalam HNO_3 2M untuk membentuk $La(NO_3)_3$. Persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Sintesis senyawa $BaMnO_3$ dilakukan menggunakan metode sol-gel, dengan rasio mol $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ dan $BaCO_3$ adalah 1:1. Rasio molar asam sitrat : total ion nitrat adalah 1,2 : 1,0. Prekursor $BaCO_3$ sebelumnya dilarutkan dalam HNO_3 2M untuk menghasilkan $Ba(NO_3)_2$. Persamaan reaksi yang terjadi ialah sebagai berikut:



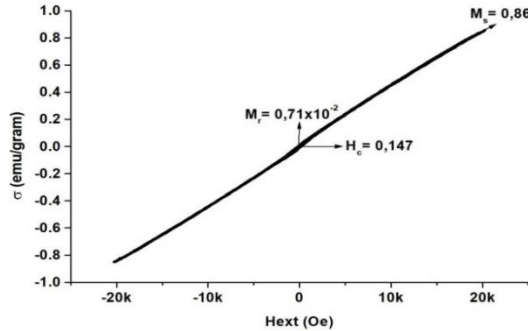
Sintesis $La_{0,6}Ba_{0,4}MnO_3$ dilakukan menggunakan metode *solid state*, dengan rasio mol $LaMnO_3$: $BaMnO_3$ ialah 1:4. Serbuk $LaMnO_3$ dan $BaMnO_3$ dicampurkan secara mekanik menggunakan mortar dan stemfer, kemudian dilakukan kompaksi dengan tekanan 4 Psi dan waktu tahan 5 menit. Sintering sampel $La_{0,6}Ba_{0,4}MnO_3$ dilakukan pada suhu $1000^\circ C$ selama 24 jam. Karakterisasi sifat magnetik sampel $LaMnO_3$, $BaMnO_3$, dan $La_{0,6}Ba_{0,4}MnO_3$ dilakukan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) tipe VSM250

dengan medan magnet eksternal (H) antara 100 Oe – 21 kOe. Kekuatan medan magnet material ditentukan dari nilai momen magnetnya, yang dirumuskan melalui persamaan berikut:

$$\text{Momen magnet} = M_{\text{saturasi}} \times M_r \text{ bahan} \times 1,0783 \times 10^{20} \mu\beta \quad (7)$$

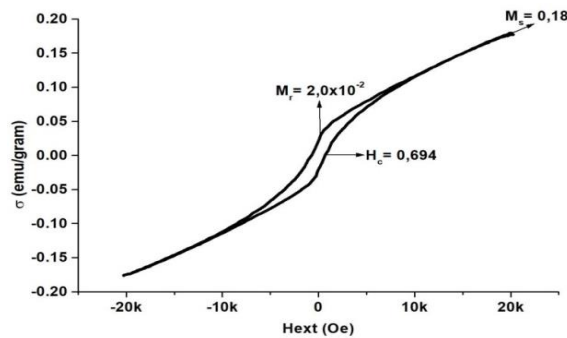
Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi VSM dilakukan untuk mengetahui sifat magnetik material dengan prinsip induksi medan magnet eksternal pada suhu ruang. Berdasarkan karakterisasi VSM material LaMnO₃ diketahui bahwa senyawa memiliki sifat antiferomagnetik dengan kurva histerisis memiliki pola linear. Nilai magnetisasi saturasi material LaMnO₃ sebesar 0,86 emu/g, magnetisasi remanensi 0,71x10⁻² emu/g, koersivitas 0,147 kOe, dan momen magnet sebesar 3,72x10⁻² μB/fu. Momen magnet material menyatakan besarnya sifat magnet suatu bahan yang dihasilkan dari elektron penyusunnya. Kurva histerisis senyawa LaMnO₃ hubungan antara magnetisasi terhadap medan magnet eksternal ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva histerisis senyawa LaMnO₃

Karakterisasi sifat magnetik senyawa BaMnO₃ berdasarkan kurva histerisis hubungan antara magnetisasi terhadap medan magnet eksternal menunjukkan sifat material feromagnetik. Nilai magnetisasi saturasi senyawa BaMnO₃ ialah 0,18 emu/g, magnetisasi remanensi 2,0x10⁻² emu/g, koersivitas 0,694 kOe, dan momen magnet material sebesar 7,74x10⁻³ μB/fu. Berdasarkan nilai koersivitas yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa material BaMnO₃ tergolong sebagai *soft-magnetic*. Kurva histerisis senyawa BaMnO₃ hasil karakterisasi VSM ditunjukkan pada Gambar 2.

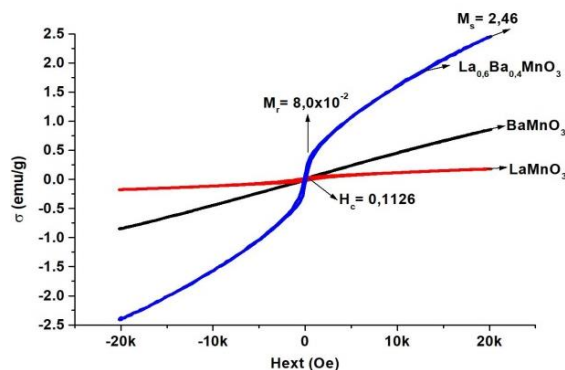


Gambar 2. Kurva histerisis senyawa BaMnO₃

Nilai magnetisasi saturasi menunjukkan seberapa kuat sifat magnet bahan dalam menerima atau terinduksi medan magnet eksternal. Nilai magnetisasi remanensi ialah momen magnet sisa suatu bahan ketika medan magnet eksternal dihilangkan. Nilai koersivitas merupakan medan magnet yang diperlukan untuk menurunkan magnetisasi pada keadaan dasar, dan nilai momen magnet menunjukkan besarnya sifat magnetik suatu bahan. Apabila suatu bahan memiliki keempat nilai tersebut yang tinggi maka sifat magnet bahan tersebut adalah feromagnetik kuat. Kuat (*hard*) dan lemahnya (*soft*) sifat magnetik suatu bahan dapat ditentukan dari nilai koersivitasnya, yaitu *hard-magnetic* apabila nilai koersivitas >10 kOe dan *soft-magnetic* jika nilai koersivitas <1 kOe (Bertotti, 1998).

Berdasarkan bentuk kurva histerisis senyawa La_{0,6}Ba_{0,4}MnO₃ hasil karakterisasi VSM diketahui bahwa material bersifat paramagnetik yang tergolong sebagai *soft-magnetic*. Nilai magnetisasi saturasi senyawa La_{0,6}Ba_{0,4}MnO₃ ialah 2,46 emu/g, magnetisasi remanensi 0,08 emu/g, nilai koersivitas (H_c) 0,1126 kOe, dan momen magnet sebesar 8,21 x 10⁻² μB/fu. Perubahan nilai magnetisasi saturasi, magnetisasi remanensi, koersivitas, dan momen magnet, serta bentuk kurva histerisis dari material LaMnO₃ dan La_{0,6}Ba_{0,4}MnO₃ menunjukkan adanya perubahan sifat magnetik. Perubahan sifat magnetik material menunjukkan terjadi transisi sifat magnetik LaMnO₃ dari antiferomagnetik ke

paramagnetik sebagai akibat adanya substitusi ion divalen Ba^{2+} . Kurva histerisis senyawa $La_{0,6}Ba_{0,4}MnO_3$ hasil karakterisasi VSM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva histerisis senyawa $La_{0,6}Ba_{0,4}MnO_3$

Simpulan

Sifat magnetik material $LaMnO_3$ dan $BaMnO_3$ yang dihasilkan dari metode sintesis sol-gel ialah antiferomagnetik dan feromagnetik. Sifat magnetik material $La_{0,6}Ba_{0,4}MnO_3$ yang dihasilkan dari metode sintesis *solid state*, yaitu dengan mencampurkan senyawa berfasa tunggal $LaMnO_3$ dan $BaMnO_3$ ialah paramagnetik tergolong sebagai *soft-magnetic*.

Daftar Pustaka

- Abbas, M.A. Aslam, M. Amir, S. Atiq, Z. Ahmed, S.A. Siddiqi, dan S. Naseem. 2017. Electrical Impedance Functionality and Spin Orientation Transformation of Nanostructured Sr-Substituted $BaMnO_3$ Hexagonal Perovskites. *Journal of Alloys and Compounds*, 712: 720-731
- Arunachalam, M., P. Thamilmaran, dan K. Sakthipandi. 2018. Tuning of Metal Insulator Phase Transition Temperature In $La_{0,3}Ca_{0,7}MnO_3$ Perovskite Material. *Materials Letters*, 1-14
- Bertotti, G. 1998. *Hysteresis in Magnetism for Physicists*. Material Scientists and Engineers: Academic Press. USA
- Coey, J.M.D., da S. Von Molnar. 1999. Mixed-Valence Manganite. *Journal Advanced in Physics*, 48 (2): 167-293
- Ezaami, A., S.J. Chaaba, C. Koubaa, Cheikhrouhou, A., dan E.K. Hill. 2016. Effect of Elaborating Method on Magnetocaloric Properties of $La_{0,7}Ba_{0,2}Ca_{0,1}MnO_3$ Manganite. *Journal of Alloys and Compounds*, 685: 710-719
- Fang, Q.L., J.M. Zhang, dan K.W. Xu. 2013. First-Principles Investigations of Electronic Structure and Magnetic Properties of Superlattice Between $BaMnO_3$ and cubic Perovskite Compound. *Superlattice Microst*, 61: 42-49
- Munazat, D.R. 2018. Studi Struktur, Sifat Listrik, dan Magnet Material Perovskite Manganite $La_{0,7}Sr_{0,2}Ba_{0,1}Mn_{1-x}Ni_xO_3$ ($x = 0; 0,02; 0,05; 0,1$). *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok, Jakarta
- Sableku dan Wisnu. 2013. Analisis Struktur dan Sifat Magnetik Perovskite $LaMnO_3$ sebagai Kandidat Bahan Absorber Gelombang Elektromagnetik. *Majalah Metalurgi*, 28 (2): 97-104
- Winarsih, S., B. Kurniawan, A. Manaf, S.A. Saptari, dan D. Nanto. 2016. Effect of Ca-Doping on the Structure and Morphology of Polycrystalline $La_{0,7}(Ba_{1-x}Ca_x)_{0,3}MnO_3$ ($x = 0; 0,03; \text{and } 0,05$). *Journal of Physics: Coference Series*, 776: 1-5
- Xia W., Lei L., Heng W., Piaojie X., dan Xinhua Z. 2017. Structural, Morphological, and Magnetic Properties of Sol-Gel Derived $La_{0,7}Ca_{0,3}MnO_3$ Manganite Nanoparticles. *Ceramics International*, 43: 3274-3283
- Xiao, Guorui., Wei H., Tonghan Y., Guoren H., Tao W., dan Jinhui H. 2019. Effect of Co-Doping on Structural, Magnetic and Magnetocaloric Properties of $La_{0,67}Ca_{0,13}Ba_{0,2}Mn_{1-x}Co_xO_3$ ($x = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08$) Manganites. *Current Applied Physics*, 011: 1-29