

PENGARUH KONSENTRASI $x=0,35$ TERHADAP SIFAT LISTRIK DAN MAGNETIK PADA KRISTAL TUNGGAL $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$

Agung Imaduddin

Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI

Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314

E-mail : agung@gmail.com

Masuk tanggal : 11-06-2012, revisi tanggal : 09-07-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 20-07-2012

Intisari

PENGARUH KONSENTRASI $x=0,35$ TERHADAP SIFAT LISTRIK DAN MAGNETIK PADA KRISTAL TUNGGAL $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$. Bahan oksida mangan telah lama diketahui mempunyai sifat *magnetoresistance* yang besar. Perhatian dunia terutama tertuju pada sifat fisika dari elektron dalam struktur *perovskite*. Pada $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ (LSMO 327, $n=2$) yang mempunyai lapisan Mn-O yang berdekatan 2 lapis, mempunyai sifat *magnetoresistance* yang terbesar (*colossal magnetoresistance*, CMR) dibandingkan grup $n=1$, maupun $n=\infty$. Untuk menyelidiki sifat CMR ini, telah dilakukan analisa sifat kelistrikan dan kemagnetannya dengan mengukur hambatan jenis, magnetisasi dan *magnetoresistance*. Dari hasil analisa diketahui bahwa sifat *magnetoresistance* pada material terlihat paling besar pada suhu sekitar 120 K. Pada suhu di atas 121 K, material ini memiliki sifat isolator dan paramagnetik. Dan pada suhu di bawah 121 K, material ini memiliki sifat konduktor dan feromagnetik. Pengukuran *magnetoresistance* dengan arus listrik yang sejajar dengan bidang ab memperlihatkan *magnetoresistance* yang lebih besar dari *magnetoresistance* dengan arus listrik yang sejajar dengan sumbu c.

Kata kunci : Magnetoresistance, LSMO 327, $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$, Kristal tunggal, Sifat listrik dan magnet

Abstract

EFFECT OF CONCENTRATION OF $x=0.35$ ON THE ELECTRIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ SINGLE CRYSTAL. Mn-oxide materials have long been known to have large magnetoresistance properties. The world's attention increasingly focused on the structure of perovskite especially on the Mn-oxide material, to study the physical properties of the electron. $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ (LSMO 327, $n = 2$) which has 2 layers of Mn-O adjacently having the largest magnetoresistance properties (*colossal magnetoresistance*, CMR) than in group of $n = 1$, and $n = \infty$. To investigate the nature of CMR, we analyzed the electric and magnetic properties by measuring resistivity, magnetoresistance and magnetization. According to the result, the sample is seen to have largest magnetoresistance properties at around 120 K. At temperature above 121 K, this material has isolating and paramagnetic properties. At temperature below 121 K, this material has conducting and ferromagnetic properties. Magnetoresistance measurements with the electric current parallel to the ab-plane shows the larger magnetoresistance than the magnetoresistance with the electric current parallel to the c-axis.

Keywords : Magnetoresistance, LSMO 327, $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$, Single crystal, Electric dan magnetik properties

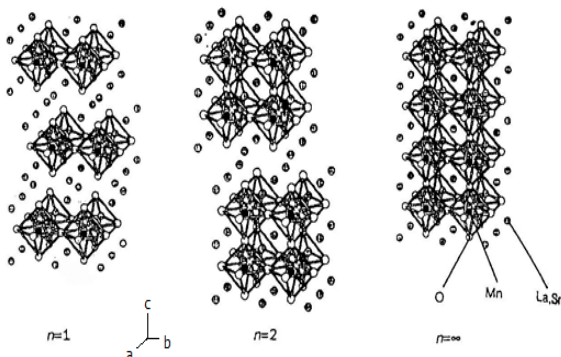
PENDAHULUAN

Bahan oksida mangan (Mn-oxide) telah lama diketahui mempunyai sifat *magnetoresistance* yang besar. Bahan oksida mangan mempunyai struktur dasar *perovskite*, dimana atom Mn terletak di tengah dikelilingi 6 atom oksigen dan

kemudian pada tiap-tiap sudut struktur *perovskite* itu, terletak atom La dan Sr. Sejak ditemukannya superkonduktor oksida Cu tahun 1986, penelitian tentang sifat fisika elektron pada struktur *perovskite* ini semakin banyak dilakukan. Bahan oksida mangan mempunyai rumus umum $(\text{La}, \text{Sr})_{1+n}\text{Mn}_n\text{O}_{3n+1}$ ($n = 1, 2, \infty$),

dimana n adalah jumlah *layer* Mn-O pada tiap molekulnya, bahan ini telah lama diketahui mempunyai sifat CMR^[1-3]. $(La, Sr)_3Mn_2O_7$ atau disebut LSMO 327, merupakan fasa yang memiliki sifat *magnetoresistance* terbesar dibandingkan fasa-fasa lainnya. Untuk mempelajari sifat elektron pada struktur *perovskite* ini, maka pada penelitian ini akan dilaporkan analisa sifat listrik dan magnet pada bahan kristal tunggal $La_{2-2x}Sr_{1+2x}Mn_2O_7$ ($x=0,35$). Metoda pembuatan kristal tunggal dan karakterisasinya telah disampaikan pada makalah sebelumnya^[4-7].

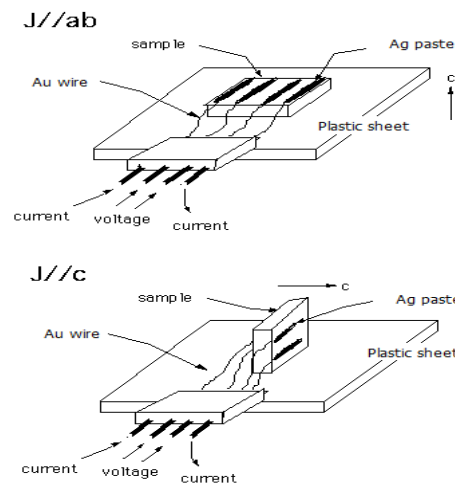
Struktur kristal $(La, Sr)_{1+n}Mn_nO_{3n+1}$ ($n = 1, 2, \infty$) dapat dilihat dalam Gambar 1 di bawah ini^[8]. Sampel yang dipakai pada pengukuran ini adalah bahan dengan struktur kristal seperti Gambar 1-tengah (LSMO 327).



Gambar 1. Struktur kristal $(La, Sr)_{1+n}Mn_nO_{3n+1}$ ($n = 1, 2, \infty$)

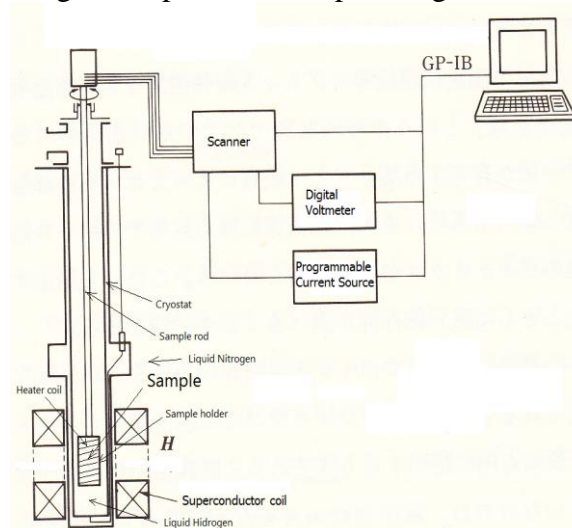
PROSEDUR PERCOBAAN

Pengukuran sifat listrik (*hambatan jenis* dan *magnetoresistance*) pada sampel (*dimensi sampel sekitar $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$*) dilakukan dengan memakai metoda *four point probe*. Gambaran pengukuran dengan metoda *four point probe* dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini. Pada Gambar 2a, pemasangan sampel dilakukan agar arus listrik mengalir sejajar dengan bidang *ab* pada sampel. Pada Gambar 2b, pemasangan sampel dilakukan agar arus listrik mengalir searah dengan sumbu *c* pada sampel^[9].



Gambar 2. Pemasangan sampel pada sampel holder dengan memakai pasta Ag dan Kawat Au (metoda *four point probe*) (a) Arus listrik sejajar bidang *ab*, (b) Arus listrik searah sumbu *c*

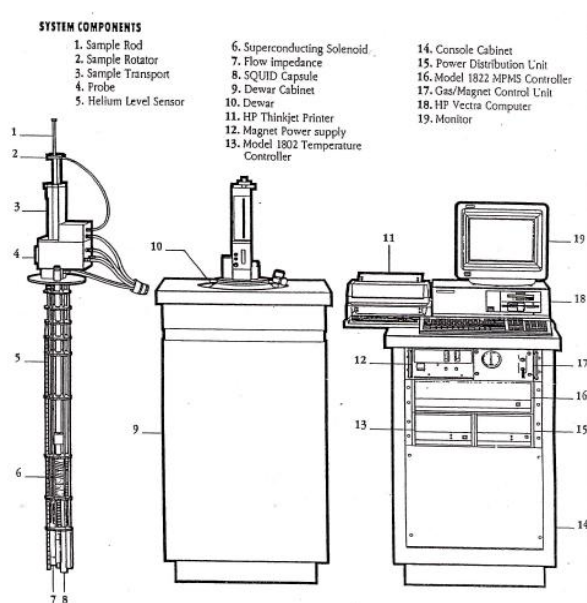
Pada Gambar 2 tersebut, sampel diletakkan dan ditempel di atas lembaran plastik (*ukuran sekitar $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$*). Lembaran plastik memiliki terminal kecil untuk dihubungkan dengan kabel yang terhubung dengan digital voltmeter dan *current source*. Antara sampel dan digital voltmeter /*current source* terdapat *scanner* yang merupakan *programmable switcher* untuk menginput data dari sampel dan sensor temperatur ke komputer. Terminal sampel dan sampel dihubungkan dengan kawat Au. Kawat Au direkatkan dengan sampel memakai pasta Ag.



Gambar 3. Skema pengukuran hambatan jenis pada suhu ($4 - 300 \text{ K}$) dan medan magnet ($0 - 80 \text{ kOe}$)

Gambar 3 memperlihatkan skema pengukuran hambatan jenis dan *magnetoresistance* bahan. Sampel diletakkan dalam *sample holder* yang terhubung dengan *sample rod*. *Sample rod* dan *sample holder* dimasukkan dalam wadah *cryostat* yang kedap udara dan dapat diisi hidrogen cair (titik didih 4 K). *Cryostat* dimasukkan dalam wadah yang berisi nitrogen cair (titik didih 79 K). *Sample rod* dan *sample holder* dimasukkan hingga berada dalam *superconductor coil*. *Superconductor coil* dapat menghasilkan medan magnet 0–80 kOe. Dengan pemakaian hidrogen cair dan nitrogen cair, suhu dapat diatur 4 K hingga 300 K (suhu ruangan). Medan magnet dikontrol dengan mengatur tegangan listrik pada *superconducting solenoid*. *Sample holder* dililit *heater coil* untuk mengatur temperatur sampel.

Sedangkan pada pengukuran sifat magnetnya (magnetisasi) dilakukan dengan memakai alat SQUID (*superconducting quantum interference device*) buatan QUANTUM DESIGN tipe MPMS-5. SQUID ini merupakan alat untuk mengukur magnetisasi suatu bahan dengan ketelitian tinggi pada suhu (4–300 K) dan medan magnet (0 – 80 kOe) tertentu^[9].

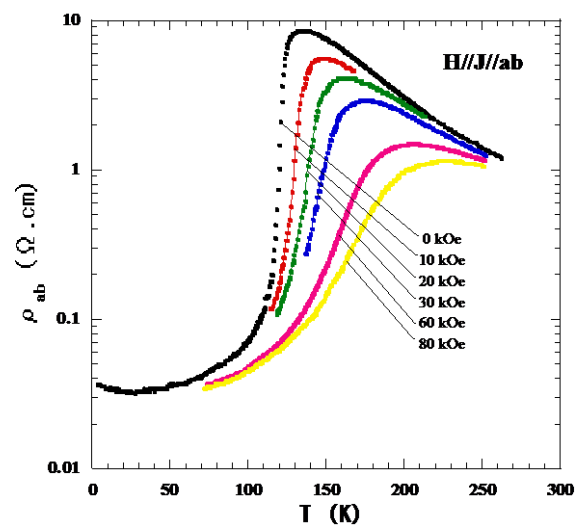


Gambar 4. Alat SQUID (QUANTUM DESIGN tipe MPMS-5) pada pengukuran magnetisasi

Alat SQUID ini merupakan alat untuk mengukur magnetisasi sampel. Pada Gambar 4 diperlihatkan komponen 1 s/d 6 berada di dalam dewar (komponen 10). *Sample rod* (komponen 1) merupakan batang logam yang panjang dari permukaan atas hingga ke bagian sekitar *superconducting solenoid* (komponen 6). Sampel diletakkan di ujung bawah sampel r, di bagian dalam *superconducting solenoid* (komponen 6). Saat pengukuran, sampel naik turun dengan memakai *sample transport* (komponen 3).

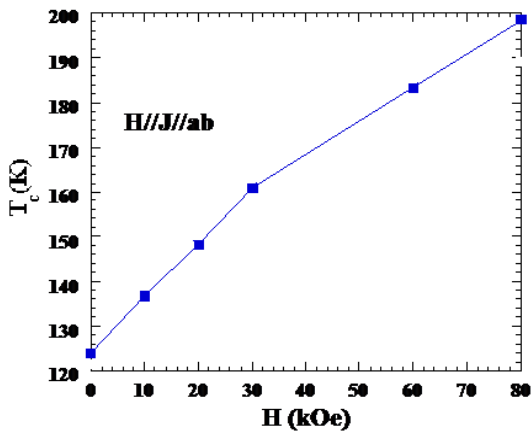
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran hambatan jenis sampel dapat dilihat dalam Gambar 5 (arus listrik dan medan magnet sejajar bidang ab). Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada medan magnet 0 kOe, hambatan jenis naik mulai suhu kamar hingga suhu sekitar 121 K, kemudian turun drastis, menandakan pada suhu di atas 121 K sifat bahan ini adalah isolator, pada suhu di bawah 121 K, terjadi penurunan yang tajam yang menandakan adanya penurunan hambatan jenis hingga 1/500 kali lipat dan bersifat konduktor.



Gambar 5. Nilai hambatan jenis terhadap suhu, dengan arus listrik dan medan magnet sejajar bidang ab

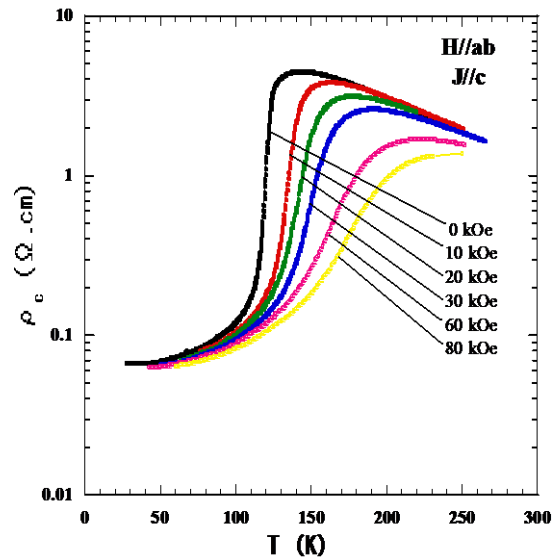
Bila kemudian kita coba melihat pergeseran nilai T_C , maka Gambar 6 memperlihatkan hasil *plotting* pergeseran nilai T_C akibat adanya medan magnet dari luar. Pada Gambar 6 ini terlihat bahwa nilai T_C bergeser menuju suhu yang lebih tinggi akibat adanya medan magnet dari luar.



Gambar 6. *Plotting* pergeseran nilai T_C akibat medan magnet. (Medan magnet dan arus listrik sejajar bidang ab)

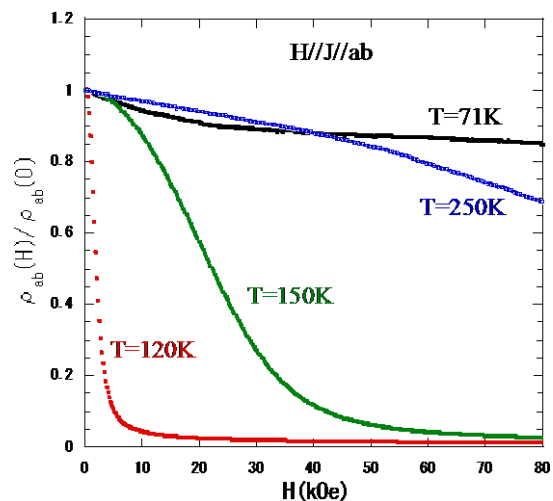
Pada Gambar 7 (arus listrik sejajar sumbu c, medan magnet sejajar bidang ab) terlihat bahwa pada medan magnet 0 T, hambatan jenis juga naik mulai suhu kamar hingga suhu sekitar 121 K, kemudian turun drastis, menandakan pada suhu di atas 121 K (T_C) sifat bahan ini adalah isolator, pada suhu di bawah 121 K, terjadi penurunan yang tajam yang menandakan adanya penurunan hambatan jenis hingga 1/100 kali lipat.

Bila dibandingkan Gambar 5 dengan Gambar 7, terlihat nilai penurunan hambatan jenis pada Gambar 5 yaitu pada suhu 121 K adalah sekitar 5 kali lipat dibandingkan penurunan pada Gambar 7. Hal ini memperlihatkan bahwa arus lebih mudah mengalir pada arah yang sejajar bidang ab pada kristal tunggal.

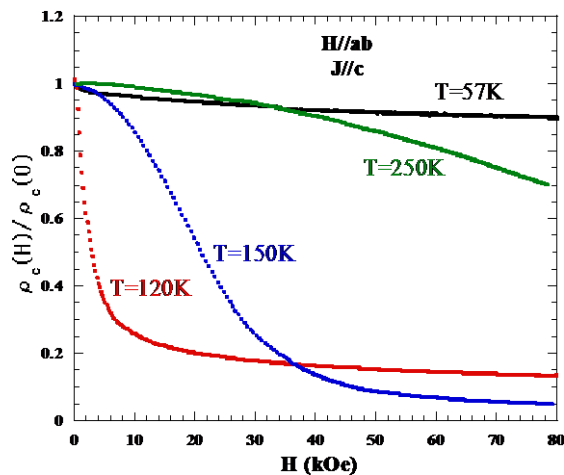


Gambar 7. Nilai hambatan jenis terhadap suhu, dengan arus listrik sejajar sumbu c dan medan magnet sejajar bidang ab

Hasil pengukuran *magnetoresistance* sampel dapat dilihat dalam Gambar 8, dengan arus listrik dan medan magnet sejajar bidang ab. Pada gambar ini terlihat bahwa pada suhu sekitar 120 K, terlihat sifat *magnetoresistance* yang terbesar dibandingkan suhu di atas dan di bawah 120 K. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran hambatan jenis listrik pada Gambar 7 yang memperlihatkan nilai T_C pada suhu sekitar 121 K.



Gambar 8. Sifat *magnetoresistance* pada sampel dengan medan magnet dan arus listrik sejajar bidang ab

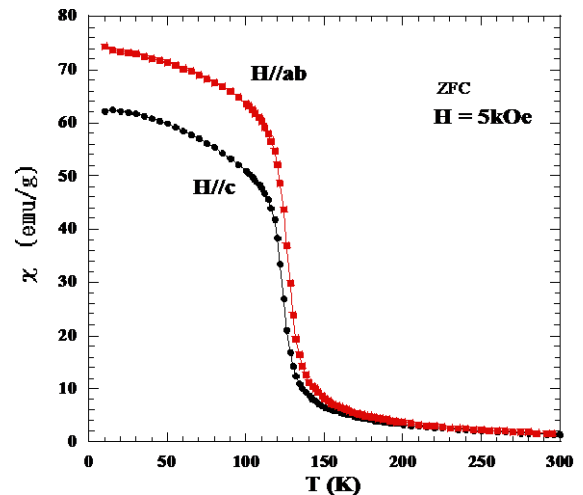


Gambar 9. Sifat *magnetoresistance* pada sampel dengan medan magnet sejajar bidang ab, dan arus listrik sejajar sumbu c

Pada pengukuran sifat *magnetoresistance* ini, *magnetoresistance* akan terlihat besar pada suhu 120 K. Sedangkan bila dibandingkan arah arus listriknya, terlihat bahwa arus listrik yang searah bidang ab memiliki sifat *magnetoresistance* sekitar 4 kali lebih besar dari arus listrik searah sumbu c. Hal ini memperlihatkan bahwa sifat *magnetoresistance* lebih mudah terjadi ketika arus listrik mengalir pada bidang ab.

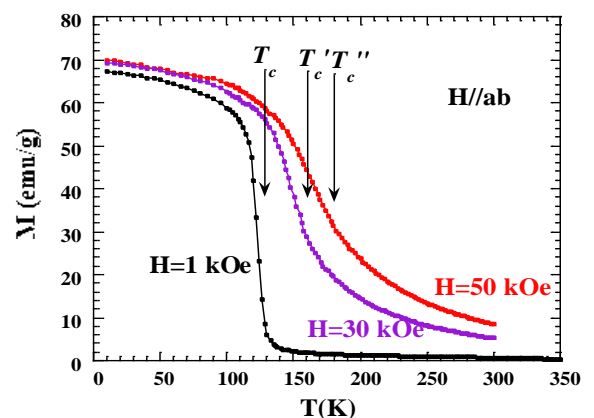
Sedangkan Gambar 10 memperlihatkan magnetisasi sampel terhadap perubahan suhu pada medan magnet 5 kOe. Pada kedua hasil pengukuran (pengukuran pada medan magnet sejajar bidang ab dan medan magnet sejajar sumbu c), dari hasil pengukuran, terlihat pada suhu di atas 121 K, sampel memiliki nilai magnetisasi yang rendah yang menunjukkan bahwa sampel memiliki sifat paramagnetik, sedangkan di bawah suhu 121 K, nilai magnetisasinya naik secara drastis dan memperlihatkan sifat feromagnetik. Kedua pengukuran dilakukan dengan menurunkan suhu pada saat medan magnet sama dengan nol atau *zero-field cooling* (ZFC). Pada kedua hasil pengukuran juga terlihat bahwa medan magnet yang sejajar dengan bidang ab memperlihatkan nilai magnetisasi (di

bawah suhu 121 K) yang lebih tinggi dari medan magnet yang sejajar sumbu c.



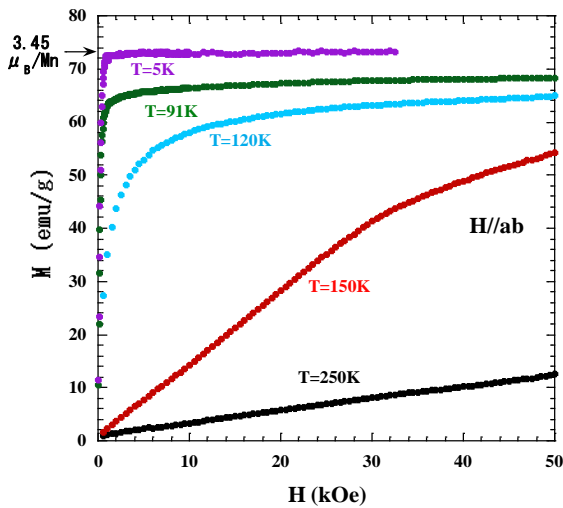
Gambar 10. Magnetisasi sampel terhadap perubahan suhu pada medan magnet $H = 5$ kOe

Sedangkan Gambar 11 memperlihatkan magnetisasi sampel terhadap perubahan suhu pada medan magnet tetap ($H=1, 30$ dan 50 kOe). Pada medan magnet $H=1$ kOe, suhu di atas 120 K memperlihatkan sifat paramagnetis dan suhu di bawah 120 K memperlihatkan sifat feromagnetik. Sedangkan pada medan magnet 30 kOe dan 50 kOe, kenaikan drastis (T_c) nilai magnetisasi pada suhu sekitar 120 K semakin bergeser ke suhu tinggi, hal ini menunjukkan medan magnet yang kuat dari luar menyebabkan arah spin pada sampel di atas suhu 120 K juga menjadi mendekati sifat feromagnetik.



Gambar 11. Magnetisasi sampel terhadap perubahan medan magnet pada suhu tetap (medan magnet sejajar bidang ab)

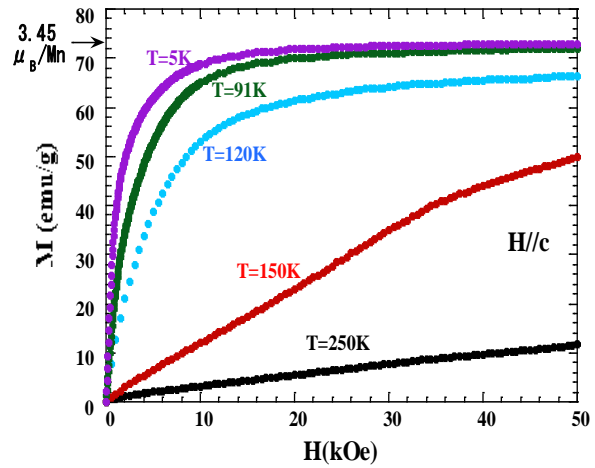
Gambar 12 di bawah ini memperlihatkan magnetisasi sampel terhadap perubahan medan magnet pada suhu tetap (dimana medan magnet sejajar bidang ab). Dari hasil pengukuran terlihat bahwa pada suhu di atas 120 K, magnetisasi sampel memperlihatkan bentuk grafik yang menunjukkan sifat paramagnetis, sedangkan pada suhu ≤ 120 K, magnetisasi sampel memperlihatkan bentuk grafik yang menunjukkan sifat feromagnetik.



Gambar 12. Magnetisasi sampel terhadap perubahan medan magnet pada suhu tetap (medan magnet sejajar bidang ab)

Pada Gambar 13 di bawah ini memperlihatkan magnetisasi sampel terhadap perubahan medan magnet pada suhu tetap (dimana medan magnet sejajar sumbu c). Hasil pengukuran memperlihatkan grafik yang tidak jauh berbeda dengan Gambar 12, pada suhu di atas 120 K, magnetisasi sampel memperlihatkan bentuk grafik yang menunjukkan sifat paramagnetis, sedangkan pada suhu ≤ 120 K, magnetisasi sampel memperlihatkan bentuk grafik yang menunjukkan sifat feromagnetik. Tapi bila dibandingkan dengan Gambar 12, pada suhu di bawah 120 K dan di bawah medan magnet kecil dari 5 kOe, nilai magnetisasi saat medan magnet sejajar bidang ab dan sumbu c perbedaannya terlihat cukup besar (sekitar

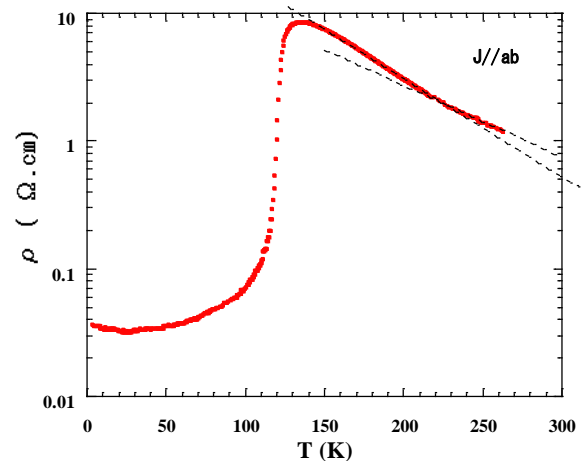
14%), tapi pada medan magnet di atas 5 kOe, perbedaan tersebut semakin kecil.



Gambar 13. Magnetisasi sampel terhadap perubahan medan magnet pada suhu tetap (medan magnet sejajar sumbu c)

ANALISA

Dari Gambar 5, bila kemudian diplot garis lurus pada daerah di atas suhu T_C , maka akan terlihat seperti Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Hambatan jenis listrik terhadap suhu

Gambar 14 memperlihatkan hambatan jenis listrik terhadap suhu ($H=0$). Berdasarkan plot garis pada suhu di atas 100 K, terlihat hanya sedikit terjadi perubahan kemiringan pada suhu sekitar 200 K.

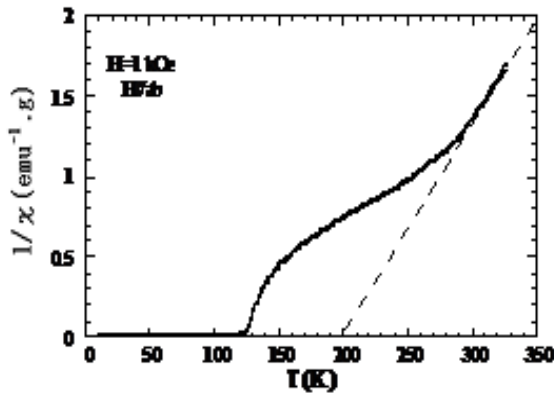
Sedangkan dari hasil magnetisasinya bila dilihat dari persamaan Currie-Weiss

pada magnet feromagnetik, maka didapat magnetik susceptibility, χ adalah:

$$\chi = \frac{g\mu_B J \lambda M_S}{k_B T} \quad (1)$$

Dimana :

- M_S = magnetisasi
- g = berat
- J = coefficient of exchange interaction
- T = suhu
- λ = coefficient



Gambar 15. Plot magnetik susceptibility χ terhadap suhu

Dari perhitungan pada plot tersebut, menunjukkan bahwa material ini terjadi perubahan sifat magnetiknya pada suhu 200 K, tapi bila dilihat perubahan magnetiknya pada feromagnetik 11 dan 12, pada suhu di atas 121 K, material ini masih cenderung bersifat paramagnetik.

Pada suhu di bawah 121 K terlihat sifat feromagnetik. Berdasarkan nilai moment magnet pada atom Mn (persamaan (1)), pada H//ab nilai magnetisasinya adalah $3,45 \mu_B$ per atom Mn (μ_B = rata-rata momen magnet yang searah medan magnet luar). Sedangkan untuk H//c nilainya adalah $2,98\mu_B$ per atom Mn. Hal ini memperlihatkan bahwa momen magnet pada bidang ab lebih besar sekitar 1,16 kali dari momen magnet searah bidang c.

Spontaneous magnetization (M_S , magnetisasi yg terjadi internal, tanpa pengaruh medan magnet luar) dinyatakan dengan

$$M_S = Ng\mu_B J B_J(x) \quad (2)$$

$$B_J(x) \cong [(J+1)/3J] x \quad (3)$$

$$x = \mu_0 M (\lambda M + H) / k_B T \quad (4)$$

Dimana :

- N = jumlah atom per berat
- $B_J(x)$ = Brillouin function

Sedangkan Currie constant C, dinyatakan dengan ;

$$C = Ng^2 \mu_B^2 J(J+1) / 3k_B \quad (5)$$

Maka suhu kritis suatu bahan feromagnetik adalah :

$$T_C = \lambda C \quad (6)$$

Dari perhitungan pada plot Gambar 15 tersebut, menunjukkan bahwa material ini memiliki sifat feromagnetik dengan T_C sekitar suhu 200 K, tapi berdasarkan pengukuran magnetisasinya T_C bergeser menjadi 121 K. Sehingga dari suhu 121-200 K bahan ini cenderung menunjukkan sifat paramagnetik. Sedangkan dari suhu ≤ 121 K, sifat momen magnetnya adalah feromagnetik.

Tabel 1 memperlihatkan rangkuman sifat listrik dan magnet pada bahan LSMO 327 x=0,35 ini.

Tabel 1. Rangkuman sifat listrik dan magnet LSMO 327 (x=0,35)

	$T < 121$ K	$121 K < T < 200 K$	$T > 200$ K
Sifat listrik	Konduktor	Isolator	Isolator
Sifat magnetik	Ferro magnetik	Paramagnetik	Paramagnetik

KESIMPULAN

Pada analisa sifat listrik dan magnet pada kristal tunggal LSMO 327 (x=0,35), diketahui bahwa fasa ini memiliki suhu kritis $T_C = 121$ K pada sifat listrik dan magnetnya. Pada pengukuran sifat *magnetoresistance*, terlihat fasa ini memiliki sifat *magnetoresistance* terbesar pada suhu 120 K yaitu 85% (arah arus

searah sumbu c) dan 98% (arah arus listrik searah bidang ab). Hal ini memperlihatkan bahwa arus mengalir searah bidang ab. Dan dengan adanya medan magnet dari luar menyebabkan nilai T_C bergeser menuju suhu yang lebih tinggi. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran magnetisasinya, memperlihatkan sifat paramagnetis di atas suhu 120 K dan sifat feromagnetik di bawah suhu 120 K. Pada medan magnet di bawah 1 kOe, terlihat perbedaan yang cukup besar (sekitar 14%) pada arah medan magnet yang sejajar bidang ab dan sejajar sumbu c. Tapi perbedaan nilai magnetisasi ini semakin berkurang ketika medan magnet semakin besar (di atas 5 kOe). Selain itu, pada medan magnet di atas 30 kOe, kenaikan nilai magnetisasi seiring perubahan suhu sekitar 120 K semakin tidak terlihat, yang menunjukkan akibat medan magnet yang besar semakin membuat arah spin magnet pada suhu di atas 120 K menjadi semakin mendekati sifat feromagnetik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Prof. Yoshizawa dan seluruh anggota Yoshizawa lab. di Universitas Iwate, Jepang yang telah banyak membantu penelitian saya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Kimura, Y. Tomioka, H. Kuwahara, A. Asamitsu, M. Tamura, Y. Tokura. 1996. „Interplane Tunneling *Magnetoresistance* in a Layered Manganite Crystal”. *Science*.: 274, 1698.
- [2] Y. Tomioka, A. Asamitsu, H. Kuwahara, Y. Moritomo, Y. Tokura. 1996. „Magnetik-field-induced metal-insulator phenomena in $Pr_{1-x}Cr_xMnO_3$ with controlled charge-ordering instability”. *Physical Review B*. : 53, 4, 1689.
- [3] Urushibara, Y. Moritomo, T. Arima, A. Asamitsu, G. Kido, Y. Tokura. 1995. „Insulator-metal transition and giant *magnetoresistance* in $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ ”. *Physical Review B*. : 51, 20, 14103.
- [4] A.Imaduddin, H. Kanazawa, N. Yoshimoto, M. Yoshizawa. 2000. „Crystal growth and physical properties of $La_{2-2x}Sr_{1+2x}Mn_2O_7$ ”. *Physica B*. : 281-282, 502-504.
- [5] Agung Imaduddin. April 2011. „Metoda FZ Pada Pembuatan Kristal Tunggal $La_{2-2x}Sr_{1+2x}Mn_2O_7$ ”. *Metalurgi*. : 26, 1, 1-6.
- [6] Agung Imaduddin. Agustus 2011. „Pembuatan Batang Pelet $La_{2-2x}Sr_{1+2x}Mn_2O_7$ Sebagai Bahan Penumbuhan Kristal Tunggal”. *Metalurgi*. : 26, 2, hal 53-58.
- [7] Agung Imaduddin. Desember 2011. „Metoda Foto Back-Reflection Laue Untuk Menentukan Arah Sumbu Kristal Tunggal $La_{2-2x}Sr_{1+2x}Mn_2O_7$ ($x=0,4$)”. *Metalurgi*. : 26, 3, 117-121.
- [8] J.A.M. van Roosmalen, P. van Vlaanderen, E.H.P. Cordfunke. 1995. „Phase in the *perovskite*-Type $LaMnO_3$ + Solid Solution and the La_2O_3 - Mn_2O_3 Phase Diagram”. *Journal of Solid State Chemistry*.: 114, 516-523.
- [9] Agung Imaduddin. 2001.„Growth and physical properties of $La_{2-2x}Sr_{1+2x}Mn_2O_7$ single crystals”. Iwate University: Doctoral Thesis.

RIWAYAT PENULIS

Agung Imaduddin lahir di Bandung, 29 September 1971. Menamatkan pendidikan *Bachelor* di bidang *Metallurgy* di Iwate University, Iwate-Japan pada tahun 1995. Menamatkan program Master dan Doktor di bidang *Material Science and Engineering* di Iwate University, Iwate-Japan pada tahun 1997 dan 2001. Saat ini aktif bekerja pada Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI, Puspiptek Serpong.