



UNIVERSITAS INDONESIA

**Perhitungan Impedansi pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
untuk Penyerap Gelombang Elektromagnetik**

SKRIPSI

Iyan Subiyanto

0606068316

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Program Studi Fisika

Depok

Desember 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**Perhitungan Impedansi pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
untuk Penyerap Gelombang Elektromagnetik**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

Iyan Subiyanto

0606068316

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Program Studi Fisika

Depok

Desember 2011

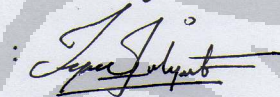
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Iyan Subiyanto

NPM : 0606068316

Tanda Tangan



Tanggal : 12 Desember 2011


LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Iyan Subiyanto
NPM : 0606068316
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Perhitungan Impedansi pada bahan
 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk Penyerap Gelombang
Elektromagnetik.


Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagaibagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Azwar Manaf, M. Met ()

Pembimbing 2 : Dr. Budhy Kurniawan ()

Penguji 1 : Dr. Muhammad Hikam, M. Sc ()

Penguji 2 : Dr. Muhammad Aziz Majidi ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Desember 2011

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah Azza Wa Jalla, Robb Alam Semesta. Yang tidak ada *ilah* yang pantas disembah kecuali Allah. Yang seluruh detail alam semesta bersaksi bahwa pernyataan tersebut adalah benar adanya. Kemudian sholawat dan salam semoga tercurah bagi Muhammad bin Abdullah, satu-satunya manusia yang mendahului manusia dalam setiap kebaikan. Tidak ada satupun kebaikan kecuali kita telah diajarkan dan tidak ada satupun kebaikan kecuali kita telah dilampaui oleh Rosulullah saw.

Karya tulis ini membahas tentang penelitian dalam pembuatan dan karakterisasi perlakuan terhadap gelombang elektromagnetik pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ yang telah di dopping Ti. Penelitian ini bagi penulis merupakan pengalaman yang sangat berharga di mana penulis berkesempatan untuk mempelajari dan menjalani sendiri etika-etika dalam melakukan penelitian. Penulis banyak melakukan diskusi dengan teman-teman yang belum pernah dirasakan sebelumnya. Kebersamaan, kekompakan, keseriusan dan lebih sering canda-canda ringan teman diskusi menggugah penulis untuk terus berusaha, terus ceria dan terus bersemangat.

Penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu, Ayah, dan keluarga yang dengan sangat sabar membantu dan memberikan semangat serta dukungan penuh kepada penulis.
2. Bapak Dr. Azwar Manaf, M.Met dan Bapak Dr. Budhy Kurniawan selaku pembimbing skripsi yang dengan sabar dan pengertian banyak memberikan masukan, bimbingan serta semangat.
3. Bapak Dr. Dede Djuhana selaku dosen Fisika FMIPA UI yang satu ruangan dengan penulis ketika dikampus mengerjakan tulisan ini, selalu memberikan motivasi dan semangat dibumbui canda-tawa yang membuat penulis menjadi bersemangat dalam menyelesaikan tulisan ini.
4. Dewan Penguji, yaitu Bapak Dr. Muhammad Hikam dan Bapak Dr. Muhammad Aziz Majidi. Terima kasih atas kesempatan yang Bapak berikan

serta waktu yang Bapak luangkan untuk “meladeni” saya. Tanggapan, kritik, saran, dan masukan untuk saya sangat saya hargai.

5. Mba Yayan dan sekeluarga selaku sepupu penulis yang selalu memberikan semangat serta sangat membantu dalam hal peluang penyokong keuangan penulis untuk keberlangsungan penulisan skripsi ini
6. Bapak-Bapak dan Ibu-Ibu satu tim yang sudah lulus S1 ekstensi dan S2 Fisika UI tahun 2010 (Pak Dhewa, Pak Jonny, Bu Fetti, Bu Maryana, Pak Budi, dan lain-lain).
7. Teman-teman diskusi S1, S2 maupun S3 (Syahril Siregar, Andi Sumarta, Mba Frilla, Bu Ade, Bu Eka, Mas Herry, Mas Mardona, Pak Erwin, Pak Lutfi, Pak Vekki, Mas Maykel, dan lain-lain) atas berbagai informasi tentang karya tulis ini.
8. Mas Parno sebagai operator alat-alat pembuatan sampel atas kesabarannya membantu.
9. Teman-teman Netzone (Ari, Jule, Anwar) yang membantu meringankan beban pekerjaan penulis.
10. Dan kepada semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu-persatu.

Semoga amal dan budi baik yang diberikan mendapat balasan kebaikan dari Allah Azza Wa Jalla, Amin.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pembuatan karya tulis ini, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak.

Akhirul Kalam penulis berharap agar karya tulis ini banyak memberikan kontribusi terhadap riset magnetik terutama bidang material Manganat.

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iyan Subiyanto
NPM : 0606068316
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perhitungan Impedansi pada bahan $\text{La}_{0,67}\text{Sr}_{0,33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk Penyerap Gelombang Elektromagnetik

Impedance Measurement of $\text{La}_{0,67}\text{Sr}_{0,33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ for Electromagnetic Wave Absorber.

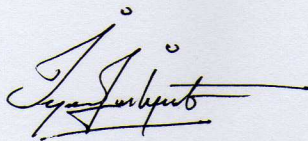
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : Desember 2011

Yang menyatakan



(Iyan Subiyanto)

vii

ABSTRAK

Nama : Iyan Subiyanto
Program Studi : Fisika
Judul : Perhitungan Impedansi pada Bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
untuk Penyerap Gelombang Elektromagnetik

Substitusi Mn^{4+} oleh Ti^{4+} pada bahan polikristal $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.33,$ dan 1 telah dibuat dengan metode Reaksi Padatan. Kurva Difraksi Sinar X menunjukkan struktur kristal berfasa tunggal. Sifat Penyerapan Gelombang Elektromagnetik didapat dari Parameter Hamburan S_{11} dan S_{21} menggunakan Vector Network Analyzer dengan frekuensi sapuan dari 10 GHz hingga 16 GHz, kemudian dianalisa menggunakan metode konversi Nicholson-Ross-Weir. Intensitas penyerapan paling baik terdapat pada $x = 0.33$ sebesar -4.5 dB pada frekuensi optimal 12 GHz, dan memiliki lebar pita penyerapan 3 GHz.

Kata Kunci: Oksida Lanthanum Stronthium Manganat, doping Ti, Reaksi Padatan, Penyerapan Gelombang Mikro.

ABSTRACT

Name : Iyan Subiyanto
Program Study : Physics
Title : Impedance Measurement on $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ for
Electromagnetic Wave Absorber

Mn^{4+} to Ti^{4+} substituted polycrystalline $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ with $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.33,$ and 1 have been prepared by Solid-State Reaction method. X-Ray Diffraction curve has shown that the crystal structure is single phase. The electromagnetic absorber property have been investigated from S_{11} and S_{21} Scattering Parameter using Vector Network Analyzer scanning from 10 GHz to 16 GHz, and analyzed with Nicholson-Ross-Weir conversion method. The best absorber belongs to $x = 0.33$ equals to -4.5 dB on the optimal frequency 12 GHz and bandwidth 3 GHz.

Key Words: Lanthanum Stronthium Manganese Oxide, Ti dopping, Solid-State Reaction, Microwave Absorber

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Judul.....	ii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Lembar Pengesahan	iv
Kata Pengantar	v
Lembar Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah.....	vii
Abstrak.....	viii
Daftar Isi	x
BAB. 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB. 2 TINJAUAN LITERATUR	5
2.1 Substitusi atom Ti^{4+} terhadap atom Mn^{4+} pada $La_{0.67}Sr_{0.33}MnO_3$...	5
2.2 Perhitungan Impedansi Bahan.....	9
2.3 Penyerap Gelombang Elektromagnetik	11
BAB. 3 METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Metode Penelitian.....	13
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	13
3.4 Pembuatan Sampel	14
3.4.1. Perhitungan massa bahan dasar.....	14
3.4.2. Penggerusan (milling).....	15
3.4.3. Kalsinasi (Calcination).....	16
3.4.4. Pemasakan (Compaction).....	16
3.4.5. Sintering.....	17

BAB.4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Kondisi Sampel	19
4.2 Struktur Kristal.....	20
4.2.1 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$	20
4.2.2 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.96}\text{Ti}_{0.04}\text{O}_3$	22
4.2.3 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.94}\text{Ti}_{0.06}\text{O}_3$	23
4.2.4 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.92}\text{Ti}_{0.08}\text{O}_3$	24
4.2.5 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.90}\text{Ti}_{0.10}\text{O}_3$	25
4.2.6 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.67}\text{Ti}_{0.33}\text{O}_3$	26
4.2.7 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$	28
4.3 Hasil Refinement bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$	29
BAB.5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran	33
DAFTAR REFERENSI	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun ini, aplikasi yang menggunakan teknologi gelombang elektromagnetik sedang berkembang sangat cepat. Salah satunya pada teknologi telekomunikasi, bertambah banyak 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]. Maka dibutuhkanlah material penyerap gelombang elektromagnetik yang berfungsi sebagai filter dari banyaknya radiasi gelombang. Sedangkan pada aplikasi militer, bahan penyerap gelombang dapat digunakan untuk menghindari deteksi gelombang radar. Bahkan untuk aplikasi yang memiliki ukuran besar seperti pesawat, kapal, atau tank dibutuhkan bahan penyerap super tipis yang memiliki penyerapan luar biasa.

Untuk mencapai spesifikasi ini, dibutuhkanlah bahan yang memiliki *Reflektansi loss* yang cukup besar. Dimana Reflektansi loss ini timbul karena bahan tersebut memiliki *elektrik loss* dan *magnetik loss*, yang merupakan konsekuensi dari permeabilitas dan permitivitas imajiner yang besar. Pada bahan magnet memiliki kelebihan tersendiri, yakni nilai saturasi magnetik yang cukup besar berfungsi untuk memperlebar pita frekuensi penyerapan [3]. Sehingga gelombang elektromagnetik yang diserap memiliki rentang frekuensi yang lebih luas.

Pada penelitian sebelumnya menggunakan paduan bahan komposit besi karbonil dengan manganat tanah jarang (*Carbonil Iron Powder/La_{0,6}Sr_{0,4}MnO₃*) membuahkan hasil yang luar biasa, didapat Reflektansi Loss -12.4 dB pada frekuensi optimal 10.5 GHz dengan rentang frekuensi 8 – 12 GHz hanya menggunakan bahan setebal 0.8 mm [2]. Atas motivasi inilah, saya mencoba modifikasi untuk membuat bahan dielektrik yaitu paduan logam manganat tanah jarang yang didopping Ti agar dapat meningkatkan sifat dielektrik bahan.

Universitas Indonesia

Sehingga menghasilkan material $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ di mana $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.33, \text{ dan } 1$. Dengan divariasikannya komposisi dopan titanat pada mangan, semoga mendapatkan peningkatan permitifitas kompleks dan permeabilitas kompleks yang berakibat optimalnya penyerapan gelombang elektromagnetik.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimanakah caranya agar terbentuk bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ bila bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ didopping Ti. Bagaimanakah perubahan penyerapan gelombang elektromagnetik dari bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ bila divariasikan dopping Ti.

1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan dari penelitian ini dibatasi pada pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal material, serta pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui permitivitas dan permeabilitas material. Dari data permitivitas dan permeabilitas tersebut, dapat dihitung besarnya impedansi. Lalu dihitung kembali, hingga menghasilkan kurva reflektansi loss terhadap frekuensi yang tidak lain adalah penyerapan gelombang elektromagnetik oleh bahan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

- 1.4.1 Memastikan terbentuknya material $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
- 1.4.2 Mengetahui perubahan penyerapan gelombang elektromagnetik pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ akibat variasi dooping Ti sebesar 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.33, dan 1 (dalam % atom).

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

1.5.1 Metode Kepustakaan

Metode studi literatur ini digunakan untuk mengetahui teori dasar sebagai sumber dan acuan dalam penulisan skripsi. Informasi yang akan dijadikan rujukan berasal dari paper, buku, bimbingan dan diskusi dengan beberapa rekan.

1.5.2 Preparasi Sampel

Pembuatan bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ menggunakan Metode Reaksi Padatan (*Solid-State Reaction Method*). Dengan cara menggerus (*milling*), dikalsinasi (*calcinating*), dipadatkan (*compacting*), lalu dipanaskan (*sintering*).

1.5.3 Karakterisasi XRD

Setelah selesai sintering, sampel kemudian dikarakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*). Kurva hasil karakterisasinya kemudian diolah (*Refinement*) menggunakan program GSAS (*General Structure Analysis System*) untuk mengetahui apakah material yang telah dibuat adalah benar fasa dari $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$.

1.5.4 Karakterisasi VNA

Untuk mengetahui permitivitas dan permeabilitas sampel, dilakukanlah pengukuran menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*). Dari pengukuran ini didapat data – data berupa refleksi dan transmitansi. Dengan sedikit pengolahan data, didapatkan permitivitas dan permeabilitas bahan. Besarnya penyerapan pun bisa diketahui.

1.5.5 Analisis

Terakhir adalah menganalisis hasil dari setiap karakterisasi. Mengamati perubahan yang terjadi pada data-data hasil karakterisasi tersebut, lalu mencocokkannya dengan teori yang berlaku.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan ini dibagi menjadi 5 Bab, yang masing-masing terdiri dari beberapa sub-bab untuk mempermudah penjelasan. Penulisan bab-bab dilakukan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang penjelasan secara umum latar belakang permasalahan, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN LITERATUR

Pada bab ini penulis menguraikan teori-teori dasar yang digunakan dalam penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

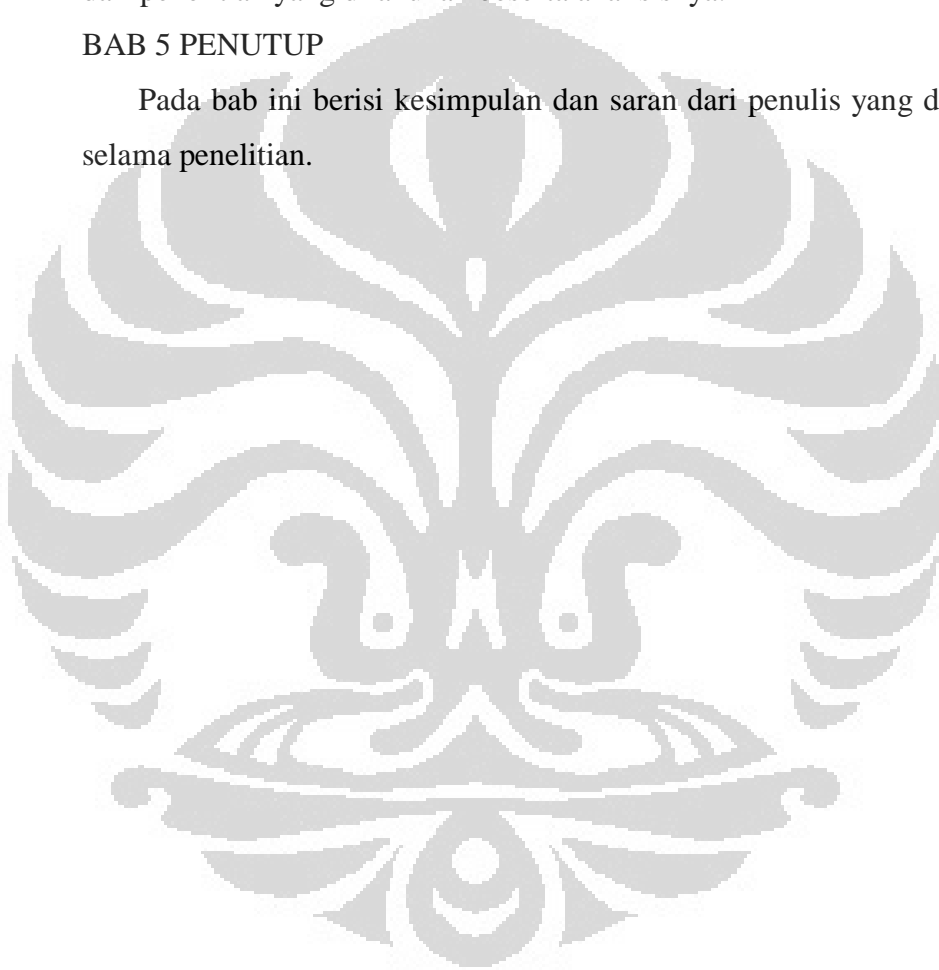
Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana langkah – langkah dalam pelaksanaan simulasi,eksperimen dan pengambilan data sampai dengan proses perolehan hasil.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditampilkan hasil eksperimen dan hasil perhitungan dari penelitian yang dilakukan beserta analisisnya.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulis yang diperoleh selama penelitian.

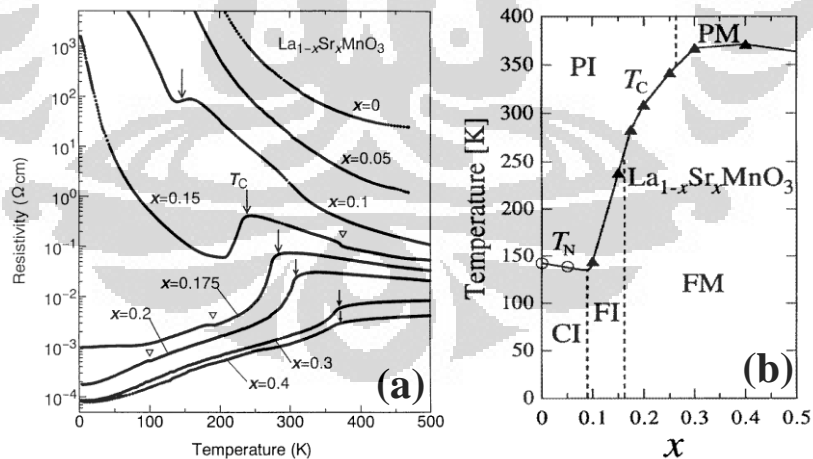


BAB 2

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Substitusi atom Ti^{4+} terhadap atom Mn^{4+} pada Bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$

Bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ merupakan jenis bahan magnetik. Komposisi murni dari bahan ini adalah Oksida Manganat Tanah Jarang (*Rare-Earth Manganese Oxide*) dengan rumus kimia LaMnO_3 . Hanya saja, pada satu unit sel 33 % atom La bervalensi 3+ digantikan (disubstitusikan) oleh atom Sr bervalensi 2+. Substitusi tersebut berakibat 33 % atom Mn bervalensi 3+ berubah valensi menjadi 4+. Sehingga rumus kimianya menjadi: $(\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33})(\text{Mn}^{3+}_{0.67}\text{Mn}^{4+}_{0.33})\text{O}_3$. Dampak dari substitusi tersebut antara lain berubahnya orientasi kemagnetan bahan. Pada suhu ruang LaMnO_3 adalah paramagnetik isolator yang mempunyai struktur kristal perovskite-orthorombik terdistorsi dengan *space group* Pbnm [7]. Ketika diberikan doping ringan dengan $x = 0.10 \sim 0.15$, orientasi magnetiknya berubah menjadi ferromagnetik. Sedangkan sifat elektriknya bertransisi dari isolator menjadi konduktor pada konsentrasi substitusi lebih besar dari 0.175 [4]. Detail transisi elektrik maupun transisi magnetik terlihat pada Gambar 2.1a dan Gambar 2.1b.



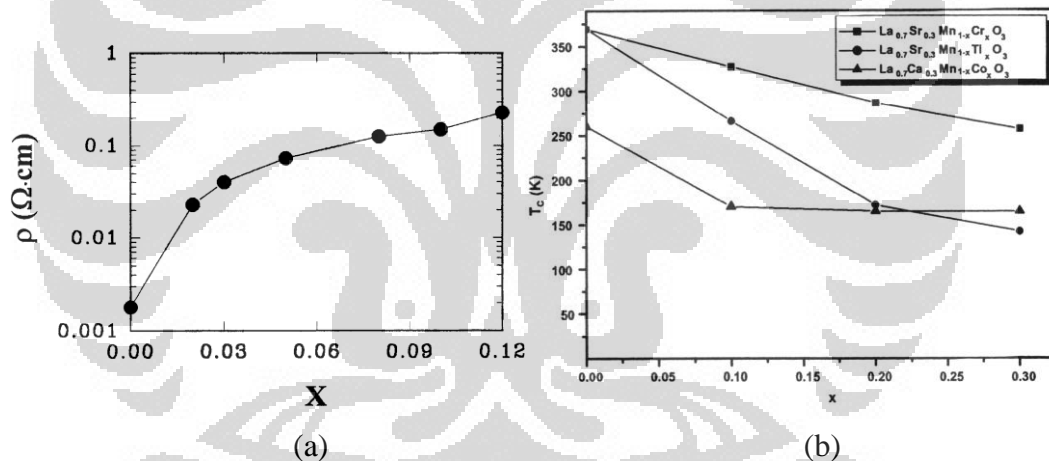
Gambar 2.1(a) Perubahan sifat elektrik LaMnO_3 ketika mendapat substitusi Sr [5]

(b) Diagram fasa magnetik LaMnO_3 ketika mendapat substitusi Sr [6]

(PI = Paramagnetik Isolator, PM = Paramagnetik Metal, FI = Ferromagnetik Isolator, FM = Ferromagnetik Metal, CI = *Canting Insulator*).

Dari data-data tersebut, dipilih 0.33 sebagai konsentrasi substitusi atom La oleh atom Sr karena pada konsentrasi tersebut fasa ferromagnetik - metal telah stabil di dalam suhu ruang. Hal ini terjadi karena adanya jaringan ikatan $\text{Mn}^{3+} - \text{O}^{2-} - \text{Mn}^{3+}$ dan $\text{Mn}^{3+} - \text{O} - \text{Mn}^{4+}$ yang menyebabkan terjadinya proses *super-exchange* dan *double-exchange* [8,9].

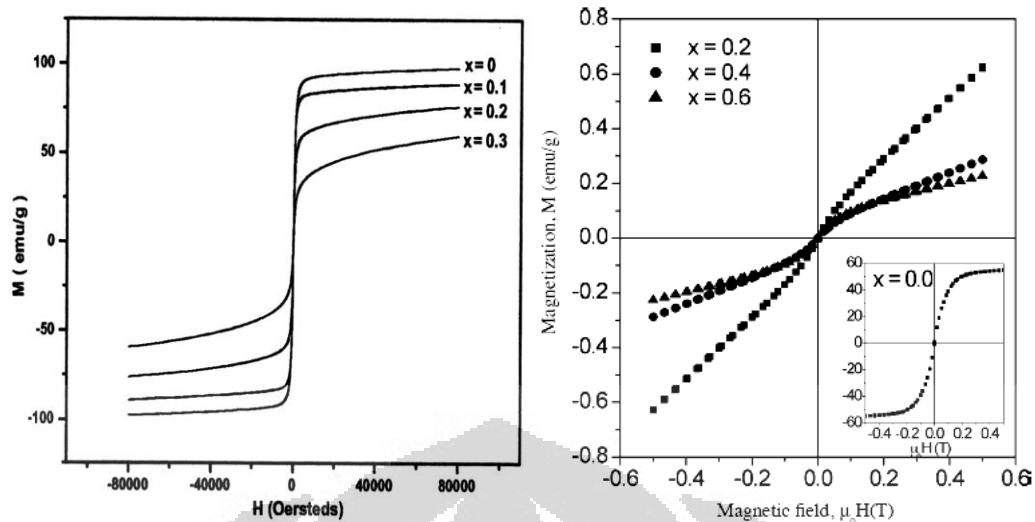
Setelah berhasil membuat bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ berstruktur kristal perovskite-rhombohedral terdistorsi dengan *space group* $R\bar{3}c$ [10-13], kini coba dimodifikasi kembali dengan cara mensubstitusikan sebagian atom Mn oleh atom Ti menghasilkan bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ dengan variasi komposisi Ti ($x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.33, \text{ dan } 1.00$). Ti yang digunakan berasal dari anatase (TiO_2), yakni ion Ti^{4+} . Mengingat bahwa ion Ti^{4+} tersebut tidak memiliki elektron pada tingkatan energi 3d dalam konfigurasi elektron akan menghambat terjadinya proses double-exchange tersebut [11].



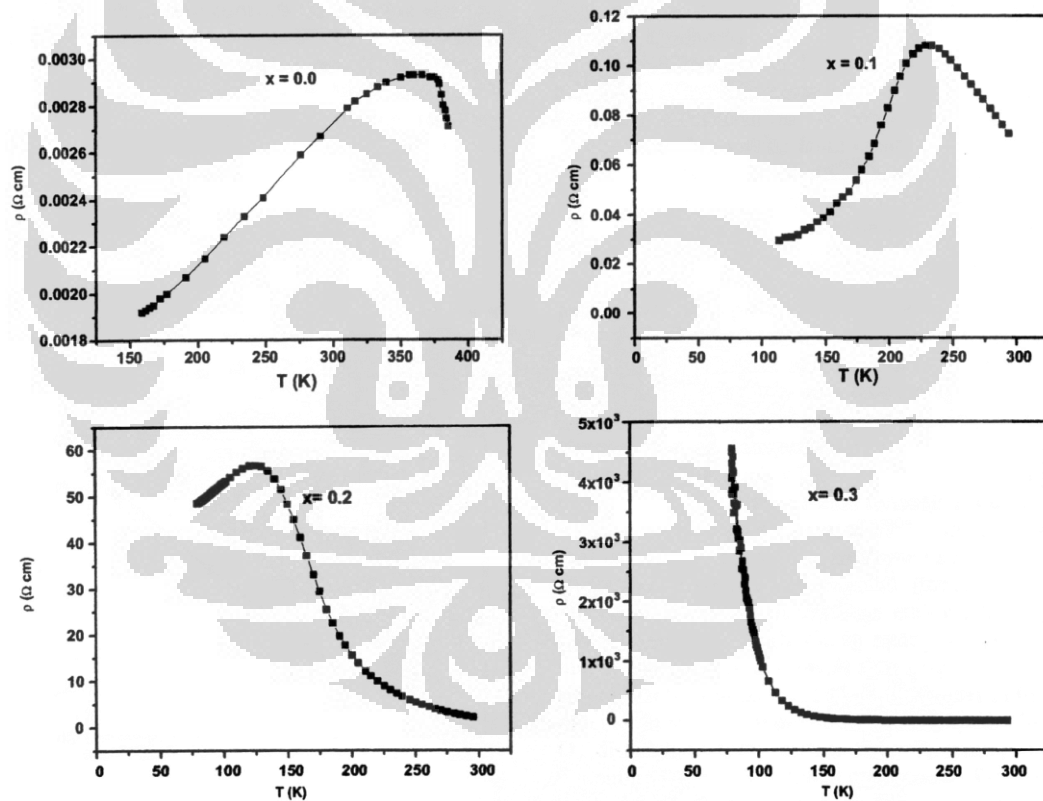
Gambar 2.2. (a) Peningkatan resistansi seiring bertambahnya komposisi Ti [10]

(b) Penurunan T_C seiring bertambahnya komposisi Cr, Ti, atau Co [11]

Sesuai yang dipaparkan gambar 2.2a dan gambar 2.2b, seiring bertambahnya konsentrasi Ti terjadi peningkatan resistansi. Sedangkan untuk sifat magnetik, Temperatur Curie (T_C) akan menurun menuju suhu rendah dengan laju penurunan yang paling tajam dibandingkan dengan Cr maupun Co. Fenomena ini menunjukkan bahwa Ti berpengaruh besar terhadap keteraturan magnetik di dalam bahan. Diperkuat dengan kurva Hysteresis pada gambar 2.3a dan gambar 2.3b, terlihat mengecilnya sifat magnetic ditandai dengan semakin kecil magnetik saturasinya.



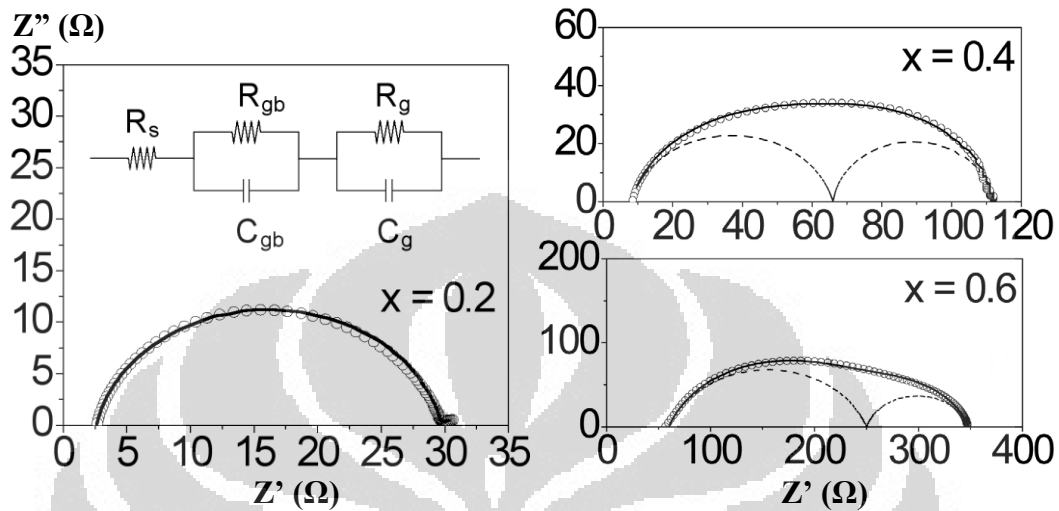
Gambar 2.3 (a) Penurunan magnetik saturasi ketika konsentrasi Ti = 0.1, 0.2, 0.3, (b) Penurunan magnetik saturasi ketika konsentrasi Ti = 0.2, 0.4, 0.6 [11, 13]



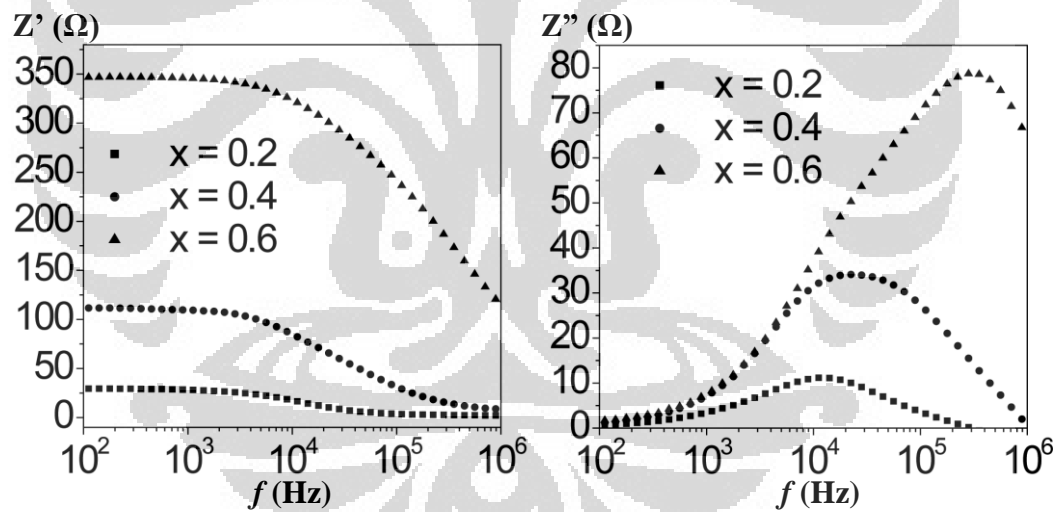
Gambar 2.4 Perubahan transisi metal - semikonduktor pada $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$.

Gambar 2.4 menunjukkan sifat transport elektrik pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$, dimana yang terjadi adalah sifat metal. Ketika konsentrasi Ti bertambah, bahan ini bertransisi menjadi bersifat semikonduktor dengan trend perubahan suhu transisi yang linier [11].

Berdasarkan data-data sifat transport elektrik dan sifat magnetik yang telah dipaparkan, Zalita et al menguatkan dengan kurva impedansinya bahwa impedansi pada bahan akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi substitusi atom Ti [13].



Gambar 2.4 Nyquist plot dengan variasi komposisi Ti 0.2, 0.4, dan 0.6



Gambar 2.5 Kurva impedansi real (Z') dan imajiner (Z'') sebagai fungsi frekuensi.

Pada gambar 2.4 adalah kurva Nyquist, yaitu pola impedansi real terhadap impedansi imajiner. Gambar ini menjelaskan kontribusi *grain* maupun kontribusi *grain boundary* di dalam bahan. Data-data kurva tersebut telah *difitting* dengan hitungan teoritik sesuai dengan rangkaian elektronik yang terlampirkan pada gambar 2.4. Sedangkan gambar 2.5 menjelaskan kecenderungan meningkatnya impedansi real (Z') dan impedansi imajiner (Z'') sebagai fungsi frekuensi ketika konsentrasi substitusi Ti ditambah.

2.2 Perhitungan Impedansi Bahan

Untuk menghitung besarnya *Reflektansi loss* suatu bahan, perlu diketahui impedansi karakteristiknya. Sedangkan impedansi karakteristik merupakan konsekuensi dari permeabilitas relatif (μ_r) dan permeabilitas relatif (ϵ_r) yang mempunyai nilai kompleks pada suatu bahan. Maka kita memerlukan bahan yang memiliki μ_r dan ϵ_r yang cocok dengan μ dan ϵ udara atau vakum agar terjadi resonansi impedansi sehingga dihasilkan reflektansi loss yang cukup besar. Untuk mendapatkan nilai μ dan ϵ , diketahui dengan cara mengukur besarnya Reflektansi dan Transmittansi yang terjadi bila sampel diberikan gelombang elektromagnetik.

Menurut Metode pengukuran sifat dielektrik material pada proses konversi Nicholson-Ross-Weir [14], parameter yang didapat dari pengukuran adalah:

$$S_{11}^* = S_{11}' + S_{11}''$$

$$S_{21}^* = S_{21}' + S_{21}''$$

dimana S_{11}^* dan S_{21}^* merupakan bilangan kompleks dari parameter hamburan (*scattering parameter*) yaitu parameter reflektansi dan parameter transmittansi. Dengan S_{11}' dan S_{21}' sebagai bilangan riilnya, serta S_{11}'' dan S_{21}'' sebagai bilangan imajinerinya. Dari parameter-parameter tersebut, bisa kita dapatkan koefisien refleksi (Γ) sebagai berikut:

$$\Gamma = \frac{S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1}{2S_{11}} \pm \sqrt{\left(\frac{S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1}{2S_{11}}\right)^2 - 1} \quad \text{dimana } |\Gamma| < 1$$

Setelah mendapatkan koefisien refleksi (Γ), koefisien transmisi (T) bisa didapat dengan cara:

$$T = \frac{S_{11} + S_{21} - \Gamma}{1 - (S_{11} + S_{21})\Gamma}$$

Dengan menggunakan bantuan:

$$\frac{1}{\Lambda^2} = -\left(\frac{1}{2\pi L} \ln \left[\frac{1}{T}\right]\right)^2,$$

dimana L adalah tebal sampel.

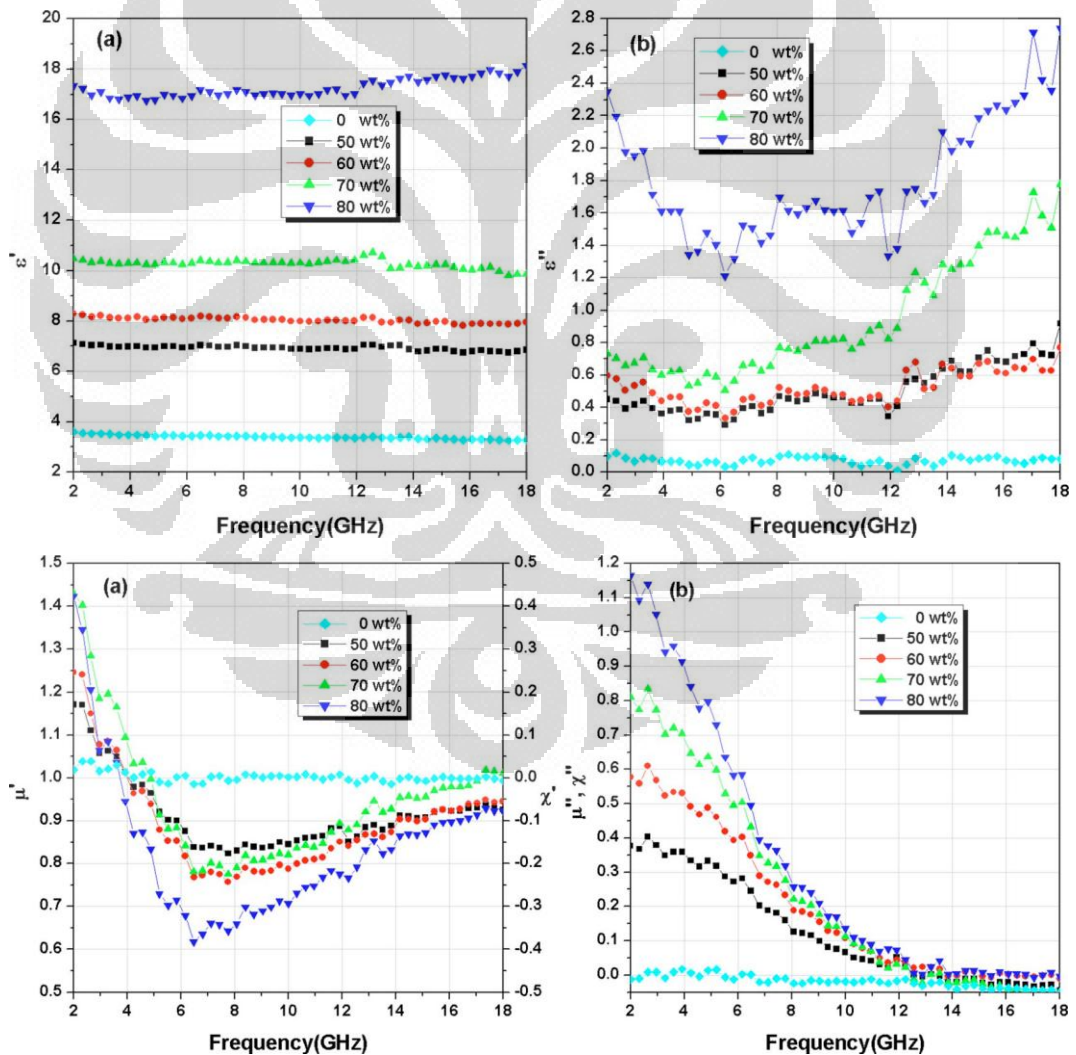
Permeabilitas relatif suatu bahan (μ_r^*) akhirnya dihitung seperti berikut:

$$\mu_r = \frac{1 + \Gamma_1}{\Lambda(1 - \Gamma) \sqrt{\frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}}},$$

dengan λ_0 adalah panjang gelombang elektromagnetik pada udara, dan λ_c adalah panjang gelombang *cutoff*. Dan akhirnya permitivitas relatif suatu bahan (ϵ_r^*) kita dapatkan :

$$\epsilon_r = \mu_r \frac{(1 - \Gamma)^2}{(1 + \Gamma)^2} \left(1 - \frac{\lambda_0^2}{\lambda_c^2} \right) + \frac{\lambda_0^2}{\lambda_c^2} \frac{1}{\mu_r}.$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, akan didapatkan kurva permitivitas dan permeabilitas seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Permittivitas Ril dan Imaginer (a & b atas) dan Permeabilitas Ril dan Imaginer (a & b bawah) bahan komposit $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{epoxy}$ [15].

Dari data-data tersebut, kemudian diolah kembali untuk mendapatkan impedansi bahan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Z_{in} = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left(i \left[\frac{2\pi L}{\lambda_0} \right] \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \right),$$

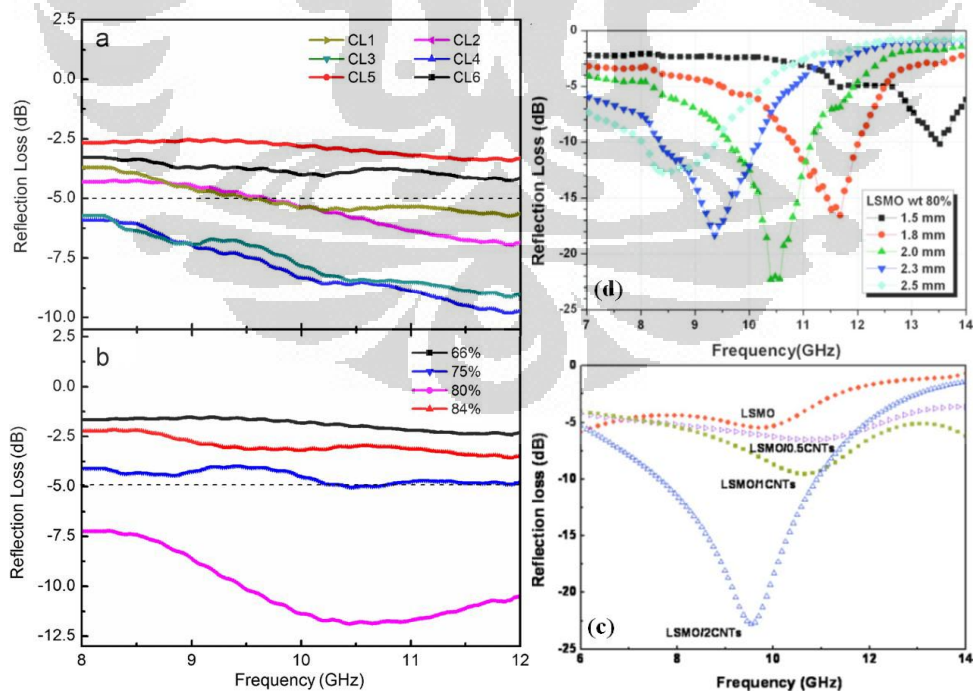
dimana Z_{in} adalah impedansi input ketika gelombang elektromagnetik yang datang tegak lurus terhadap bahan, dan Z_0 adalah impedansi udara (*free space*) $\sim 376.73031346177 \Omega$ [16]. Sehingga didapatkanlah kurva seperti pada gambar 2.4 dan gambar 2.5.

2.3 Penyerap Gelombang Elektromagnetik

Setelah mendapatkan nilai nilai-nilai impedansi bahan, selanjutnya digunakan untuk menghitung *Reflektansi Loss* dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_L = 20 \log \left| \frac{(Z_{in} - Z_0)}{(Z_{in} + Z_0)} \right|,$$

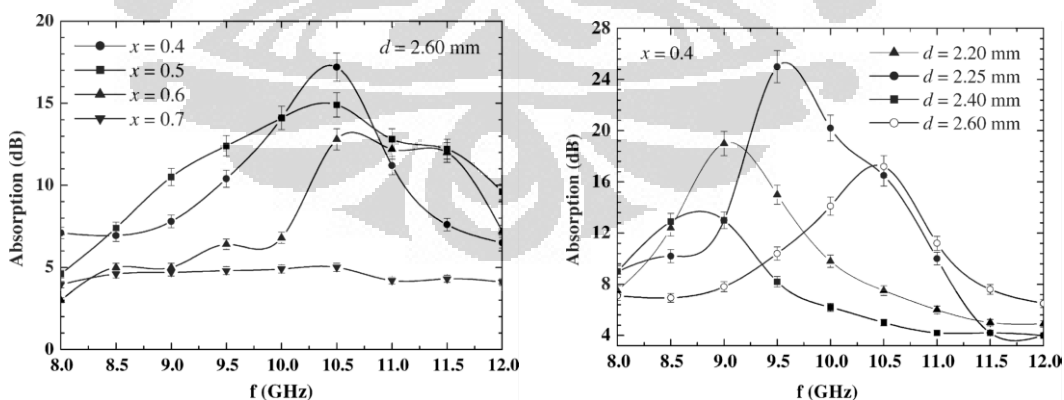
sehingga kita dapatkan kurva Reflektansi Loss seperti pada gambar 2.7:



Gambar 2.7 (a & b) R_L dari bahan komposit LSMO/CIP [2], (c) R_L dari bahan komposit LSMO/CNT [17], dan (d) R_L dari bahan komposit LSMO/epoxy [15].

Pada gambar 2.7 terlihat beberapa studi literatur yang sudah dilakukan. Dengan menggunakan bahan yang sama tetapi dikompositkan dengan bahan yang berbeda-beda. Bahan yang dibuat oleh Cheng, Y.L., et al [2] yaitu 80 % material komposit $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ /Carbonil Iron Powder (15:1), 20% dilapisi wax, mendapatkan Reflektansi Loss optimal sebesar -12.4 dB pada gelombang mikro berfrekuensi 10.5 GHz pada rentang bandwidth dari 8 – 12 GHz hanya membutuhkan sampel setebal 0.8 mm. Sedangkan Tsay, C. T., et al [17] menggunakan material komposit $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ /Carbon Nano Tube (80% : 2%) dan sisanya ditambahkan epoxy resin, mencapai Reflektansi Loss optimal sebesar -22.85 dB pada gelombang mikro berfrekuensi 9.5 GHz pada rentang bandwidth selebar 3.3 GHz hanya membutuhkan sampel setebal 3 mm. Di lain pihak Yang, R. B., et al [15] membuat material komposit $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ /Epoxy Resin (80% : 20%) mencapai Reflektansi Loss optimal sebesar -23 dB pada gelombang mikro berfrekuensi 10.5 GHz pada rentang bandwidth selebar 1.5 GHz hanya membutuhkan sampel setebal 2 mm.

Dipilih komposisi dopping Stronthium sebesar 33 % karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Li. G., et al [18] sifat absorpsi bahan $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ mencapai nilai penyerapan terbesar pada $x = 0.4$, yaitu – 25d B pada frekuensi mikro 10.5 GHz hanya dengan ketebalan 2.25 mm seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Besar Penyerapan $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ [18]

BAB 3 METODE PENELITIAN

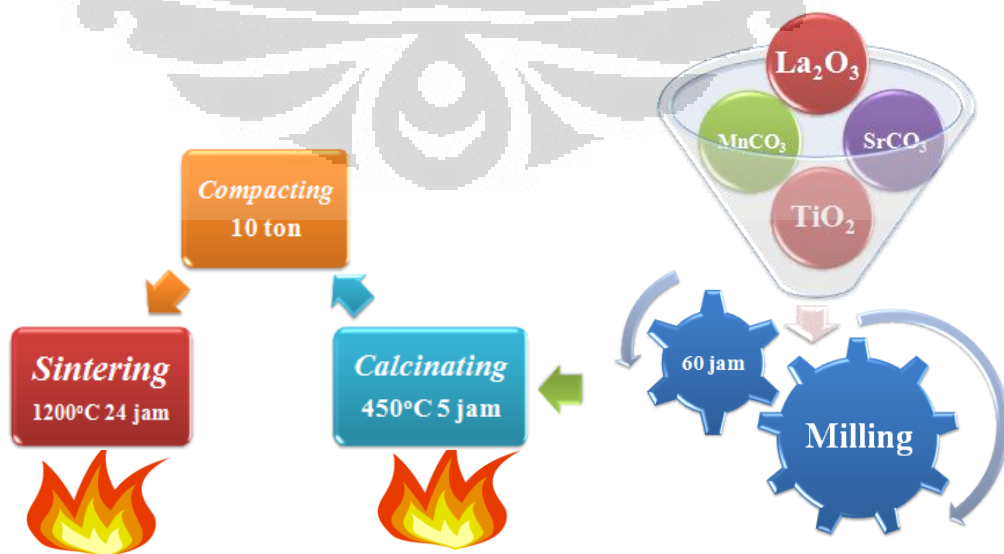
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Proses pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Indonesia, Depok. Selanjutnya karakterisasi XRD dan SEM-EDS dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Ilmu Material (*Research Center Material Science*), Salemba. Karakterisasi Hysteresis Magnetik dan Dielektrik dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Indonesia, Depok. Terakhir, pengujian daya serap terhadap gelombang elektromagnetik menggunakan *Vector Network Analyzer* yang berada di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung. Pembuatan sampel dan karakterisasi dilaksanakan antara bulan Februari 2011 hingga November 2011.

3.2 Metode Penelitian

Eksperimen ini menggunakan metode Reaksi Padatan (*Solid-State Reaction*). Pertama, bahan dasar digerus secara otomatis menggunakan *Planetary Ball Mill*. Setelah selesai, hasil gerusan dipanaskan melalui proses kalsinasi. Selanjutnya, bahan yang telah selesai dikalsinasi harus dijadikan pelet dengan cara mengkompaksinya menggunakan mesin kompresi. Perlakuan terakhir adalah pemanasan melalui proses *Sintering* menggunakan *furnace*.

3.3 Diagram Alur Penelitian



3.4 Pembuatan Sampel

3.4.1 Perhitungan massa bahan dasar

Berikut ini adalah keterangan bahan dasar untuk membuat sampel :

No	Nama	Formula Kimia	Produk	Mr (g/mol)	Kemurnian (%)
1	Strontium Karbonat	SrCO ₃	Sigma-Aldric	147.628	98.0 %
2	Mangan Karbonat	MnCO ₃	Sigma-Aldric	114.944	99.9 %
3	Lanthanum Oksida	La ₂ O ₃	Merck	325.8	99.5%
4	Titanium Oksida	TiO ₂	Merck	79.88	99.0%

Tabel 3.1. Bahan dasar penelitian

Massa atom relatif (Ar) untuk masing-masing atom adalah:

- Strontium = 87.620 g/mol
- Karbon = 12.011 g/mol
- Oksigen = 15.999 g/mol
- Mangan = 54.936 g/mol
- Lanthanum = 138.91 g/mol
- Titanium = 47.867 g/mol

Pada penelitian ini akan dibuat tujuh sampel dengan variasi komposisi Titanium, x = 0; 0.04; 0.06; 0.08; 0.10; 0.33; dan 1. Sehingga hasil perhitungan massa bahan dasar menurut stoikiometri sebagai berikut:

X	massa bahan dasar (gram)			
	La ₂ O ₃	SrCO ₃	MnCO ₃	TiO ₂
0	4.8772	2.2102	5.1156	0
0.04	4.8834	2.2130	4.9172	0.1437
0.06	4.8864	2.2144	4.8178	0.2156
0.08	4.8895	2.2158	4.7182	0.2877
0.10	4.8926	2.2172	4.6186	0.3598
0.33	4.9283	2.2334	3.4634	1.1960
1.00	5.0355	2.2819	0	3.7003

Tabel 3.2. Hasil perhitungan massa bahan dasar

3.4.2 Penggerusan (*milling*)

Proses penghalusan sampel menggunakan alat *Planetary Ball Mill*, yang terdiri dari 4 mangkuk *vial* berbentuk silinder dengan ukuran diameter dalam 10 cm dan tinggi 8.5 cm. Masing-masing *vial* dilengkapi 11 *ball-mill* (bola gerus) dengan 2 ukuran yang berbeda, yaitu 4 buah bola berdiameter 1.5 cm dengan massa 13.76 gram dan 7 buah bola berdiameter 1.3 cm dengan massa 7.07 gram. Perbandingan total berat bola dengan total berat bubuk sampel adalah 1 : 10.



Gambar 3.1. Vial dan Planetary Ball Mill

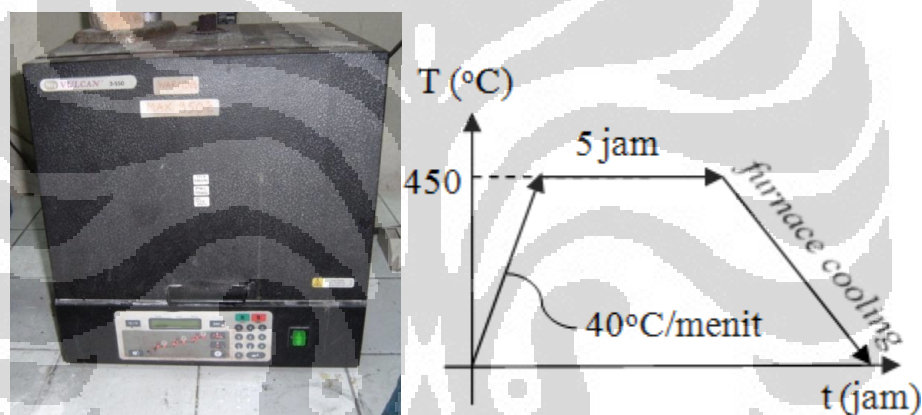
Pertama, bahan dasar ditimbang menggunakan timbangan digital dengan tingkat sensitivitas 0.0001. Setelah masing-masing bahan dasar ditimbang sesuai hasil perhitungan stoikiometri seperti pada tabel 3.2, bahan dasar tersebut langsung dicampurkan ke dalam vial. Hal ini dilakukan untuk menghindari kontaminasi dengan udara. Ketika siap melakukan *milling*, usahakan vial terkunci dengan kuat pada Planetary Ball Mill. Cek kembali, jangan sampai ada suatu hal yang mencurigakan atau terlihat tidak normal. Contohnya, ketika landasan putar dengan slot tempat menaruh vial terlihat kendur atau tidak kencang, akan terjadi hal yang fatal. Setelah persiapan *milling* selesai, Planetary Ball Mill akan dioperasikan selama 60 jam aktif. Jika Planetary Ball Mill tersebut diatur 30 menit *run time*, 5 menit *rest time*, *normal speed* 200 rpm, *acceleration* 5 detik, *deceleration* 10 detik, maka *milling* akan berakhir setelah 3 hari kemudian.

Setelah proses *milling* selesai, keluarkan semua vial dari PBM lalu pindahkan sampel hasil *milling* dari dalam vial ke cawan keramik dengan menggunakan spatula. Selesai dipindahkan, masukan seluruh cawan berisi sampel tersebut ke dalam furnace untuk dilakukan proses kalsinasi.

3.4.3 Kalsinasi (*Calcination*)

Proses kalsinasi adalah proses memanaskan sampel pada suhu 450°C selama 5 jam. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan impuritas pada sampel, bukan untuk menumbuhkan kristal. Proses kalsinasi ini dilakukan pada suhu 450°C karena sebagian besar impuritas atau ketidakmurnian akan menguap pada suhu tersebut.

Cawan-cawan keramik yang sudah berisi sampel hasil milling dimasukkan ke dalam furnace. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2, furnace yang digunakan adalah Ney Vulcan™ 3-550 dengan kemampuan maksimal suhu pemanasan furnace adalah 950°C . Proses kalsinasi ini dilakukan dengan kenaikan suhu $40^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, kemudian ditahan pada suhu 450°C selama 5 jam, diakhiri dengan pendinginan selalui proses *furnace cooling*.



Gambar 3.2. Furnace untuk kalsinasi dan grafik pemanasannya

Setelah proses kalsinasi selesai, keluarkan cawan yang berisi sampel tersebut dari furnace. Lalu persiapkan untuk perlakuan berikutnya, pemadatan.

3.4.4 Pemadatan (*Compaction*)

Untuk penelitian ini, sampel yang dibuat haruslah dipadatkan menjadi berbentuk pelet. Hal ini harus dilakukan karena beberapa karakterisasi nanti dibutuhkan sampel dalam bentuk padat, seperti karakterisasi hysteresis menggunakan magnetic permagraph maupun karakterisasi penyerapan gelombang elektromagnetik menggunakan vector network analyzer.

Pertama-tama sampel dimasukkan ke dalam cetakan yang terbuat dari besi-baja. Cetakan tersebut berbentuk silinder berlubang seperti kue donat, dengan diameter lubang di bagian tengahnya 2.5 cm. Kemudian diletakan pada mesin

pemadat. Mesin pemadat akan memberikan tekanan pada sampel melalui cetakan. Sampel diberikan tekanan yang setara dengan massa 10 ton. Naikan tekanan hingga 10 ton dengan hati-hati, agar sampel yang tertekan dalam cetakan terdifusi dengan baik hingga akhirnya terpadatkan. Ketika *pressure gauge* mencapai 10 ton, tekanan ditahan selama 3 menit agar *internal stress* yang berada di dalam sampel dapat menyesuaikan dengan keadaannya yang baru. Setelah 3 menit ditahan, tekanan dikurangi secara perlahan-lahan agar mengurangi efek *spring back* yang menyebabkan sampel pecah setelah selesai dipadatkan. Langkah terakhir adalah keluarkan sampel dari cetakan.

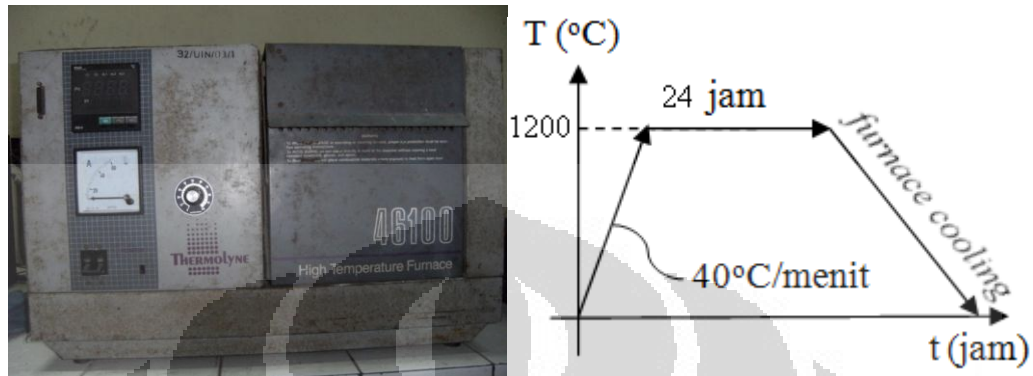


Gambar 3.3 Mesin pencetak pellet

3.4.5 Sintering

Sintering adalah pemberian perlakuan panas kepada sampel pada suhu tinggi hingga mencapai $\frac{2}{3}$ titik leleh sampel tersebut. Pada perlakuan ini sampel mengalami beberapa proses internal. Proses yang utama adalah proses *nucleation* sebagai cikal bakal lahirnya fasa struktur kristal yang baru. Selain proses tersebut, yang diharapkan terjadi pada sampel adalah proses *densification*, dimana sampel yang telah berbentuk pelet tersebut menjadi padat sehingga bertambah getas. Karena sampel berbentuk pelet yang getas tersebut menjadi syarat dalam beberapa karakterisasi, seperti pengukuran hysteresis dan penyerap gelombang.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4, furnace yang digunakan untuk sintering adalah Thermolyne 46100 High Temperature Furnace yang memiliki kemampuan maksimal pemanasan hingga suhu 1350°C.



Gambar 3.4 Furnace untuk Sintering dan grafik pemanasannya

Setelah semua sampel telah menjadi padat, selanjutnya dimasukkan ke dalam furnace untuk disinter. Wadah yang dipakai sebagai alas untuk sampel bisa menggunakan cawan keramik seperti pada proses kalsinasi, atau menggunakan gabus tahan panas. Ketika proses sintering dimuali, temperatur dinaikan dari suhu ruang menuju suhu 1200°C dengan kecepatan kenaikan suhu rata-rata 40°C/menit. Setelah 30 menit temperatur furnace akan mencapai suhu 1200°C, kemudian pada suhu tersebut ditahan selama 24 jam. Setelah itu suhu ruang furnace diturunkan kembali, dan sampel mengalami *furnace cooling*.

Setelah pendinginan di dalam furnace selesai dan temperatur kembali ke suhu ruang, sampel diangkat dari dalam furnace. Kemudian masukan ke dalam plastik, dan beri label.

BAB 4

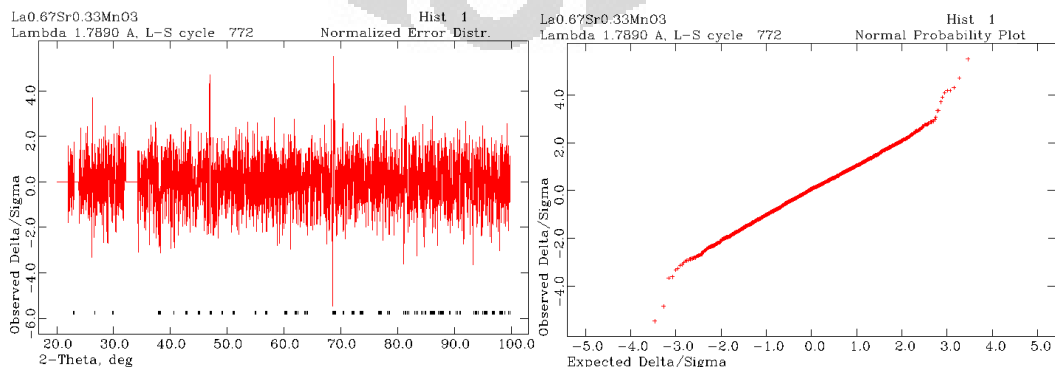
HASIL DAN PEMBAHASAN

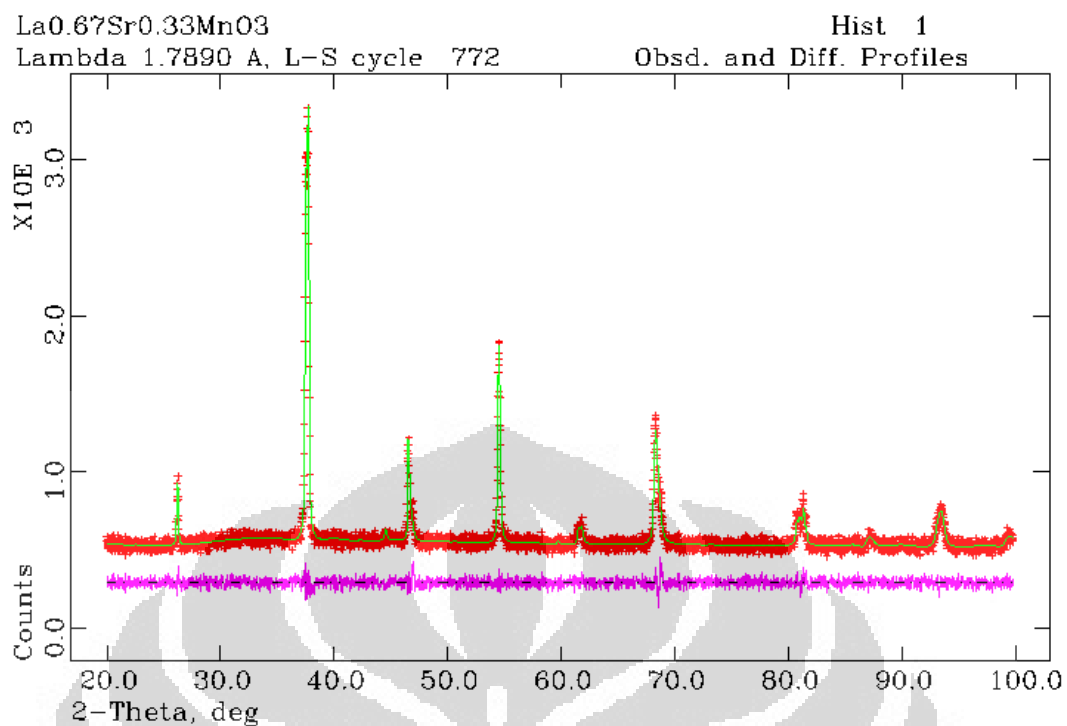
4.1 Struktur Kristal

Karakterisasi struktur kristal sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ menggunakan metode Difraksi Sinar X (*X Ray Diffraction*). Kurva hasil karakterisasi ini menghasilkan pola yang sama untuk setiap variasi x . Hanya saja, kita melihat adanya perbedaan pada intensitas dan posisi puncak kurva terhadap sudut 2θ . Untuk mengetahui apakah ada perubahan struktur kristal yang terjadi pada sampel, dilakukanlah penghalusan (*Refinement*) kurva hasil pengukuran dengan menggunakan software GSAS (*General Structure Analysis System*). Refinement ini bertujuan untuk mencocokkan (*fitting*) kurva hasil pengukuran terhadap hasil hitungan teoritik yang telah dilakukan oleh Pinsard et al [20]. Sehingga kita akan mendapatkan hasil berupa informasi-informasi yang berkaitan dengan struktur kristal sampel yang kita teliti, seperti fasa kristal (*crystal phase*), grup ruang (*space group*), parameter kisi (*lattice parameter*), posisi atom (*atomic position*), dan berbagai macam informasi kristal lainnya.

4.1.1 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$

Hasil refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ ditunjukkan pada gambar 4.1. Refinement ini telah berjalan sebanyak 772 cycle menghasilkan $wRp = 0.0437$, $Rp = 0.0346$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.110$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -6 hingga 5 menunjukkan hasil refinement yang baik.

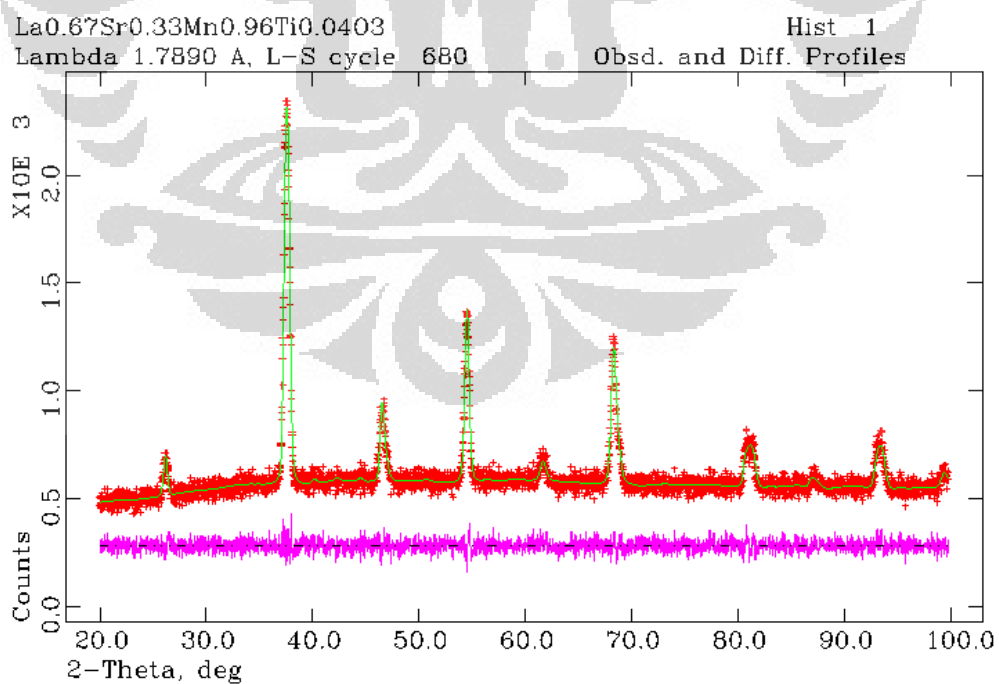


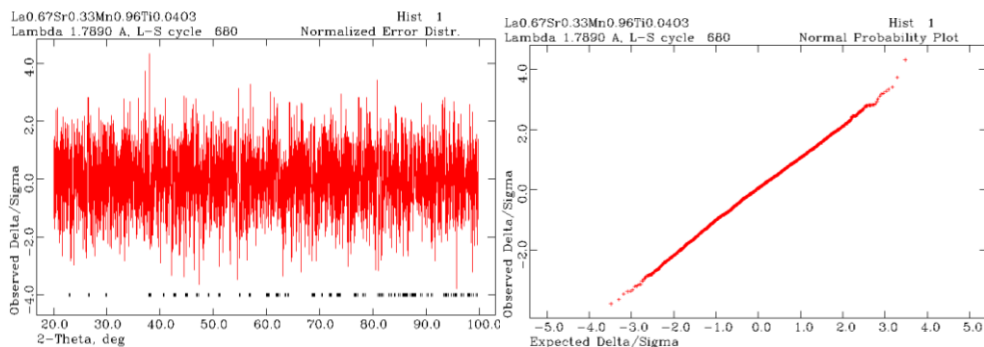


Gambar 4.1 Refinement Kurva XRD bahan La_{0.67}Sr_{0.33}MnO₃

4.1.2 La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{0.96}Ti_{0.04}O₃

Hasil refinement Kurva XRD bahan La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{0.96}Ti_{0.04}O₃ ditunjukkan pada gambar 4.2.



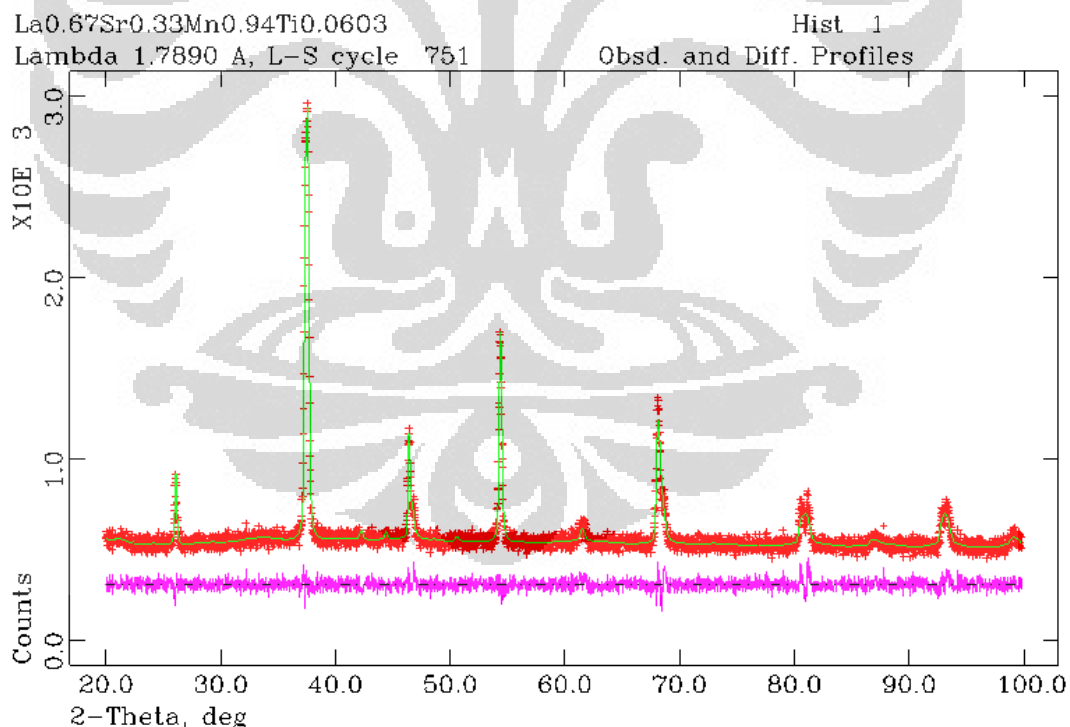


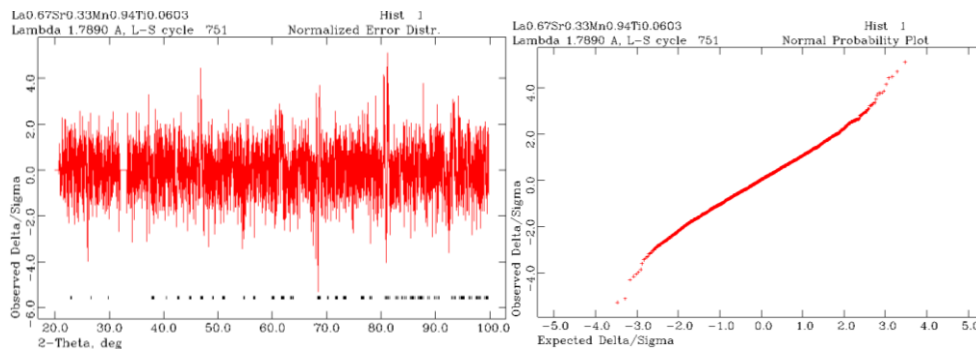
Gambar 4.2 Refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.96}\text{Ti}_{0.04}\text{O}_3$

Refinement ini telah berjalan sebanyak 680 cycle menghasilkan $wRp = 0.0434$, $Rp = 0.0344$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.142$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -4 hingga 4 menunjukkan hasil refinement yang cukup baik.

4.1.3 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.94}\text{Ti}_{0.06}\text{O}_3$

Hasil refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.94}\text{Ti}_{0.06}\text{O}_3$ ditunjukkan pada gambar 4.3.



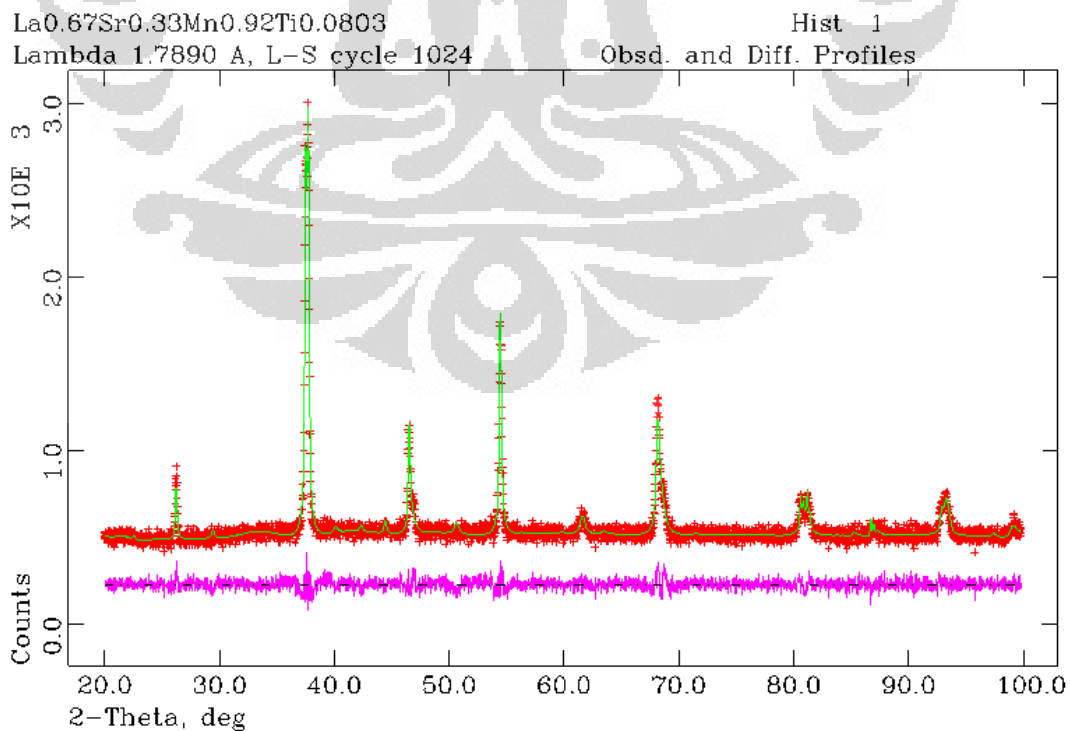


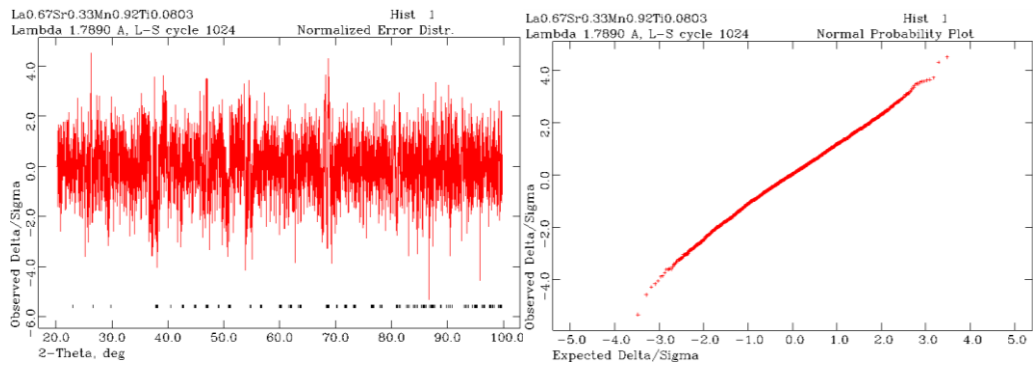
Gambar 4.3 Refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.94}\text{Ti}_{0.06}\text{O}_3$

Refinement ini telah berjalan sebanyak 751 cycle menghasilkan $wRp = 0.0458$, $Rp = 0.0359$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.204$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -6 hingga 4 menunjukkan hasil refinement yang baik.

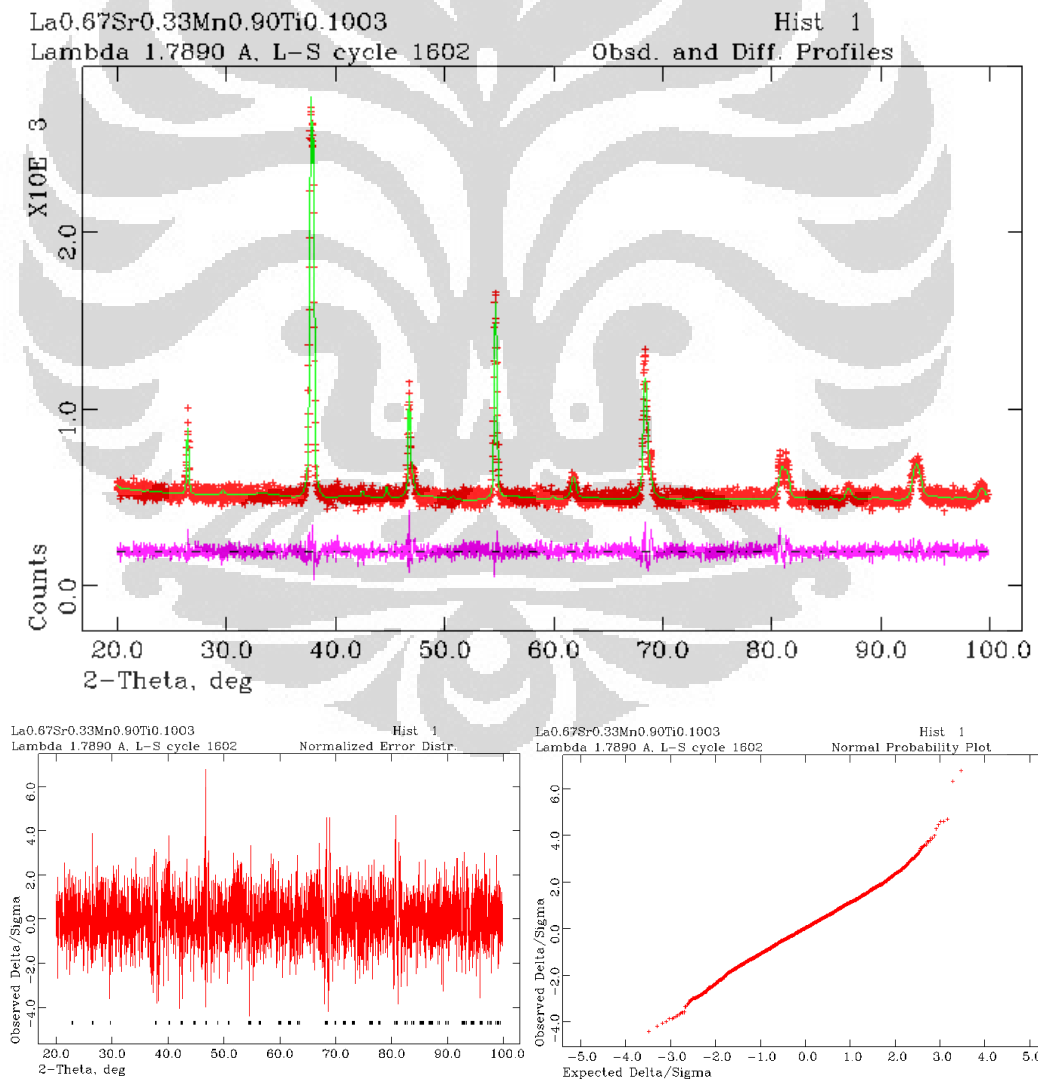
4.1.4 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.92}\text{Ti}_{0.08}\text{O}_3$

Hasil refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.92}\text{Ti}_{0.08}\text{O}_3$ ditunjukkan pada gambar 4.4. Refinement ini telah berjalan sebanyak 1024 cycle menghasilkan $wRp = 0.0496$, $Rp = 0.0391$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.384$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -6 hingga 4 menunjukkan hasil refinement yang sudah baik.



Gambar 4.4 Refinement Kurva XRD bahan La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{0.92}Ti_{0.08}O₃4.1.5 La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{0.90}Ti_{0.10}O₃

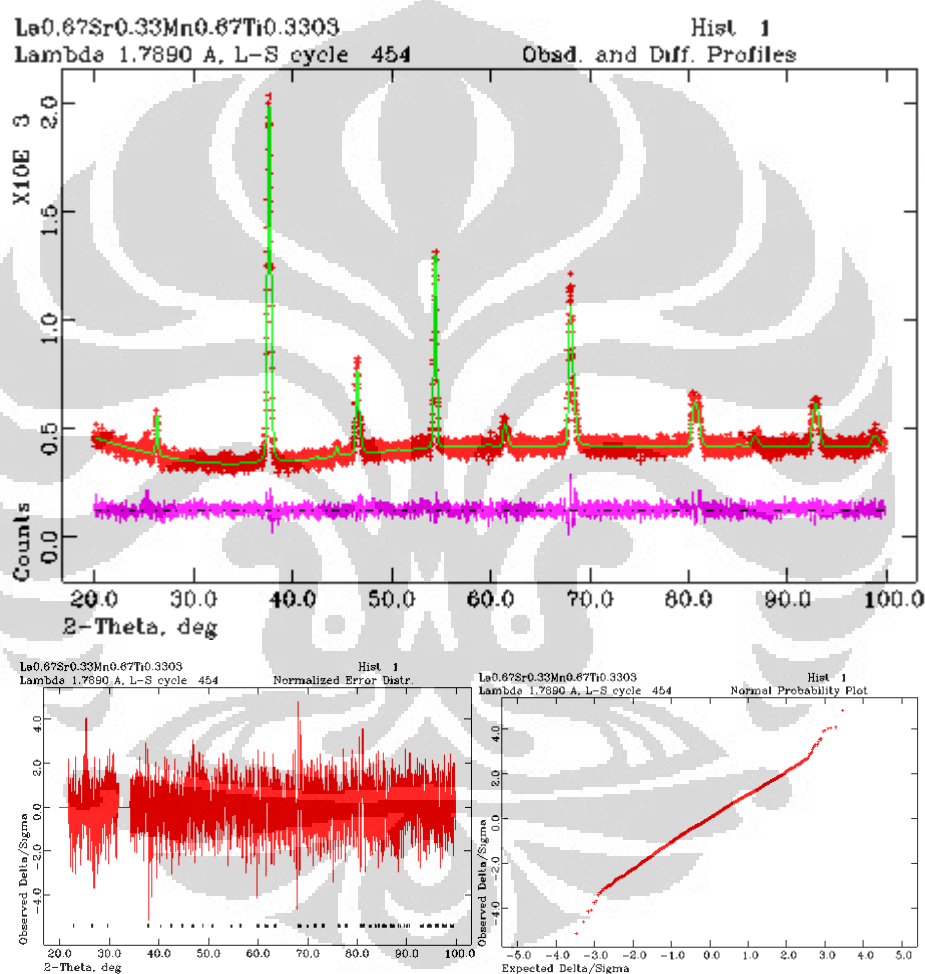
Hasil refinement Kurva XRD bahan La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{0.90}Ti_{0.10}O₃ ditunjukkan pada gambar 4.5.

Gambar 4.5 Refinement Kurva XRD bahan La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{0.90}Ti_{0.10}O₃

Refinement ini telah berjalan sebanyak 1602 cycle menghasilkan $wRp = 0.0497$, $Rp = 0.0390$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.339$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -4 hingga 6 menunjukkan hasil refinement yang cukup baik.

4.1.6 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.67}\text{Ti}_{0.33}\text{O}_3$

Hasil refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.90}\text{Ti}_{0.10}\text{O}_3$ ditunjukkan pada gambar 4.6.

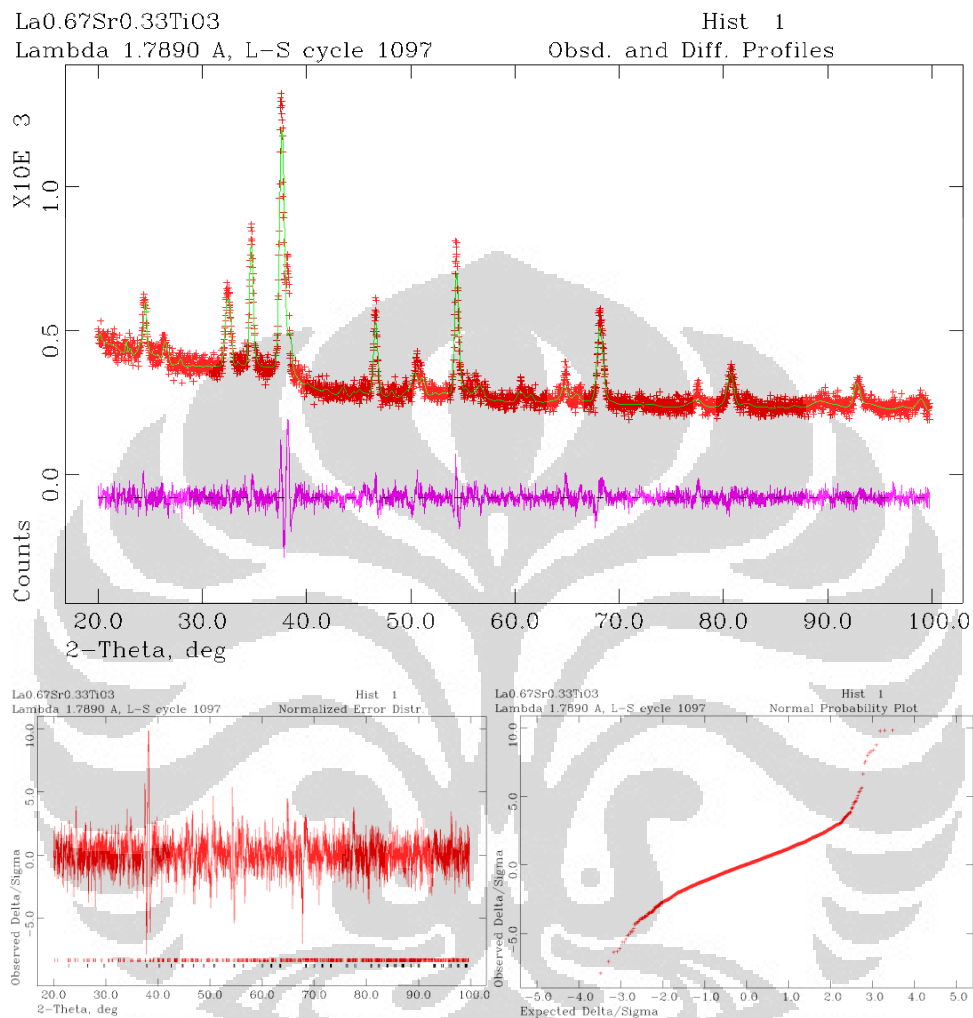


Gambar 4.6 Refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.67}\text{Ti}_{0.33}\text{O}_3$

Refinement ini telah berjalan sebanyak 454 cycle menghasilkan $wRp = 0.0523$, $Rp = 0.0414$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.178$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -4 hingga 4 menunjukkan hasil refinement yang cukup baik.

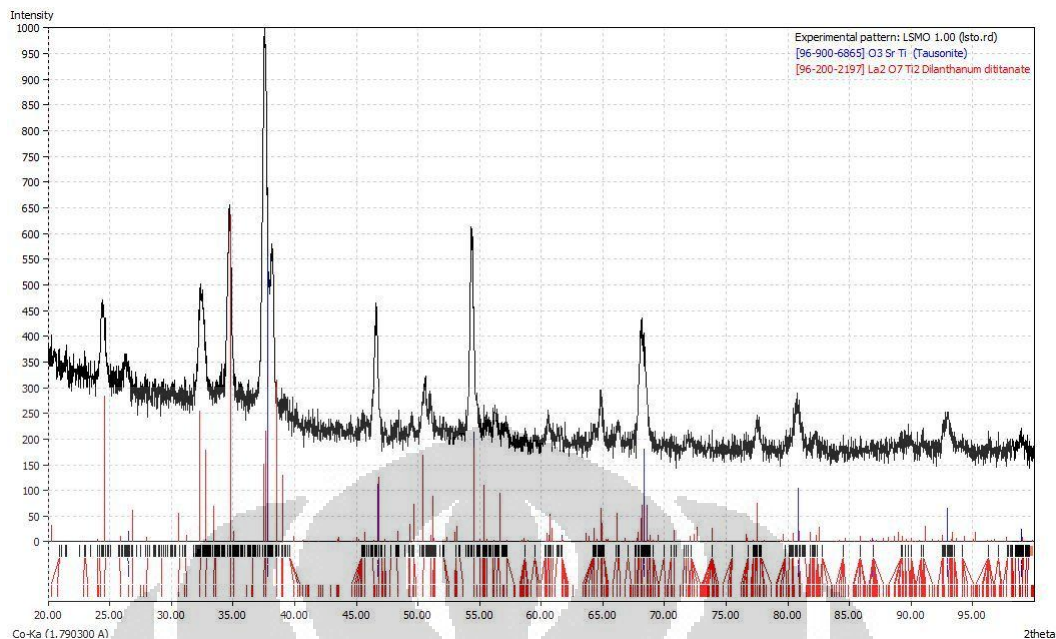
4.1.7 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$

Hasil refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Refinement Kurva XRD bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$

Untuk Refinement sampel terakhir ini, ternyata terbentuk 2 fasa. Yaitu fasa SrTiO_3 dan fasa $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$, terbukti dengan melakukan fitting menggunakan software *Match!* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8. Refinement berjalan sebanyak 1097 cycle menghasilkan $wR_p = 0.0769$, $R_p = 0.0583$, sehingga didapatkan $\chi^2 = 1.894$. Terlihat pula distribusi error terhadap sudut 2θ yang mempunyai nilai berkisar antara -5 hingga 10 menunjukkan hasil refinement yang cukup.

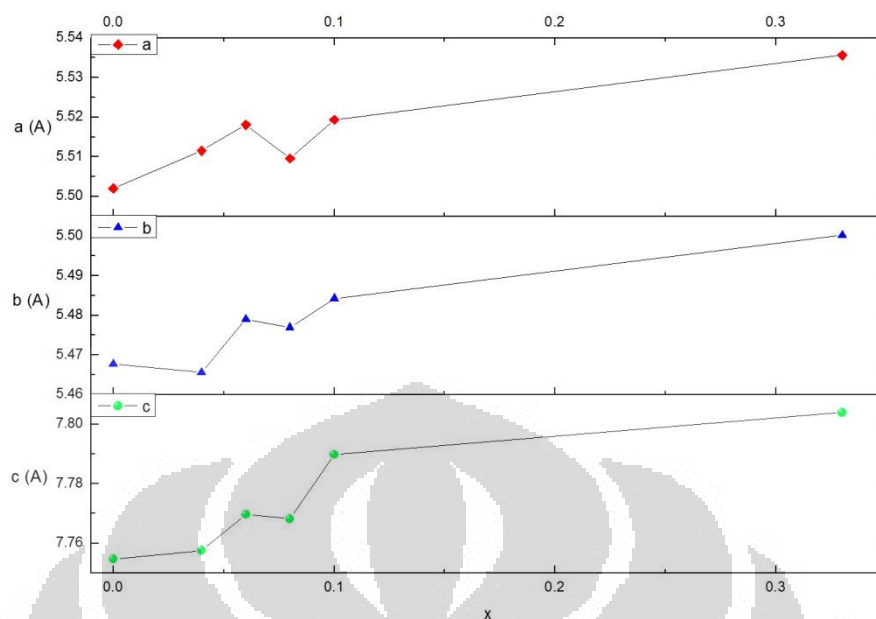


Gambar 4.8 fasa struktur kristal yang terbentuk pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$

4.2.8 Hasil Refinement bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$

x	Sampel	Parameter Kisi (Å)		
		a	b	c
0.00	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$	5.50(2)	5.46(7)	7.75(4)
0.04	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.96}\text{Ti}_{0.04}\text{O}_3$	5.51(1)	5.46(5)	7.75(7)
0.06	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.94}\text{Ti}_{0.06}\text{O}_3$	5.51(8)	5.47(9)	7.76(9)
0.08	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.92}\text{Ti}_{0.08}\text{O}_3$	5.50(9)	5.47(6)	7.76(8)
0.10	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.90}\text{Ti}_{0.10}\text{O}_3$	5.51(9)	5.48(4)	7.78(9)
0.33	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.67}\text{Ti}_{0.33}\text{O}_3$	5.53(5)	5.50(0)	7.80(4)
1.00	$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$	5.51(5)	5.51(4)	7.80(1)
		25.61(8)	7.81(2)	5.55(5)

Tabel 4.1 Parameter Kisi dan Masa Jenis $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$



Gambar 4.18 grafik perubahan parameter kisi pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$

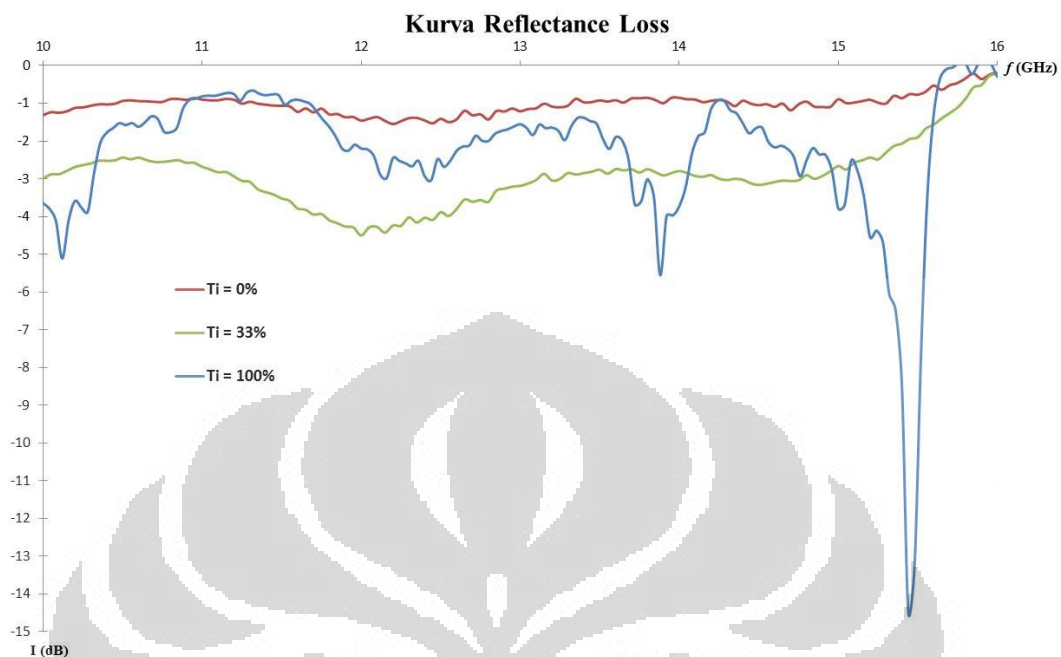
Parameter kisi yang dipaparkan pada gambar 4.18 adalah salah satu hasil refinement yang telah dilakukan. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan digantikannya sebagian atom Mn oleh atom Ti akan berakibat bertambah panjang parameter kisi. Hal ini disebabkan jari-jari atom Ti lebih besar dari atom Mn [11,12] membuat panjang a, b, dan c menjadi bertambah.

4.3 Penyerapan Gelombang Elektromagnetik

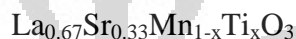
Karakterisasi menggunakan vector network analyzer mengasikan data berupa *scattering parameter* (parameter hamburan). Data-data parameter hamburan tersebut diolah menggunakan metode Nicholson-Ross-Weir [14] seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, sehingga menghasilkan output berupa kurva R_L (*Reflectance Loss*) sebagai fungsi frekuensi. Kurva ini lah yang mengartikan apakah sampel memiliki kemampuan penyerap gelombang elektromagnetik yang baik atau tidak. Gambar 4.19 menunjukkan kurva *Return Loss* hasil karakterisasi penyerapan gelombang elektromagnetik terhadap bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk nilai $x = 0, 0.33, \text{ dan } 1.00$.

Pada penelitian ini, rentang frekuensi yang dipakai untuk karakterisasi penyerap gelombang elektromagnetik adalah pada *X Band* (pita x), yakni antara 8

GHz hingga 12 GHz. Karena pada rentang frekuensi tersebut, banyak digunakan untuk teknologi RADAR (*Radio Detection and Ranging*) dalam aplikasi militer.



Gambar 4.19 Kurva penyerapan gelombang elektromagnetik pada bahan

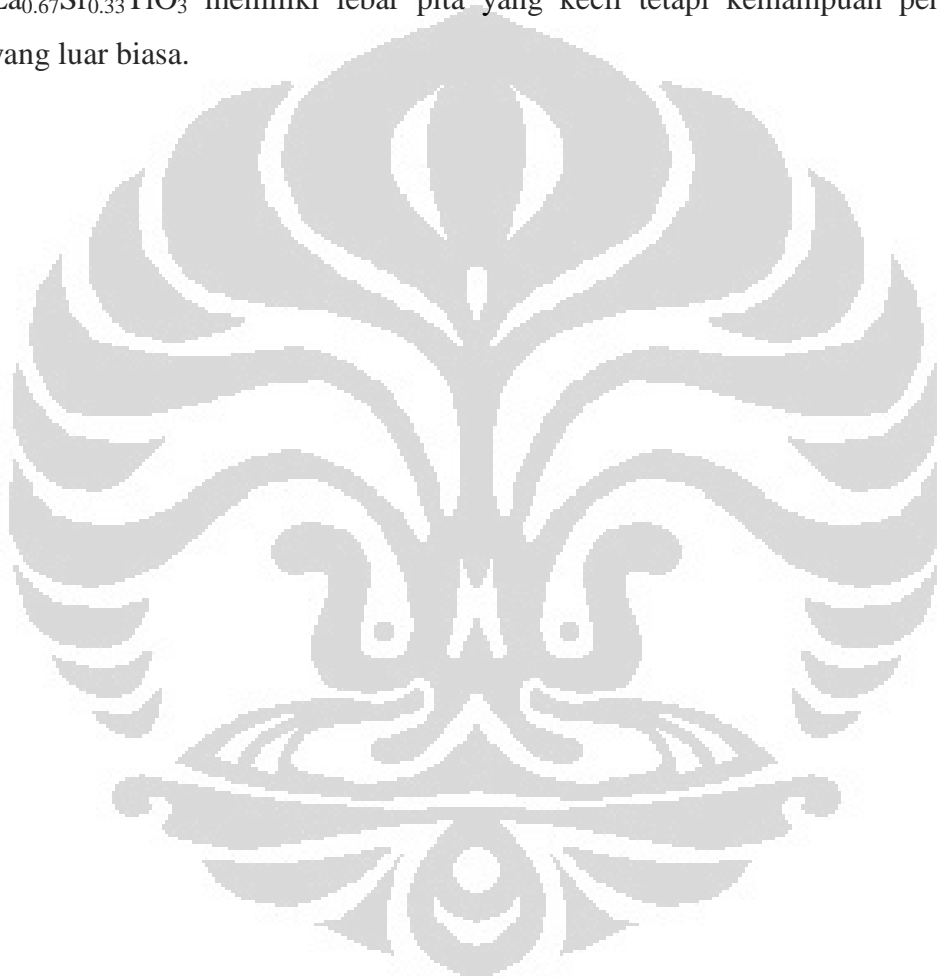


Hanya saja *waveguide* (pandu gelombang) yang kami miliki memiliki daerah kerja pada frekuensi 9.8 GHz hingga 20 GHz. Sehingga pengukuran yang dilakukan hanya pada rentang frekuensi 10 GHz hingga 16 GHz.

Dari kurva pada gambar 4.19 terlihat jelas bahwa pada sampel LSMO memiliki penyerapan gelombang elektromagnetik. Pada sampel yang tidak memiliki Ti, intensitas penyerapan tidak terlalu besar. Untuk sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ nilai penyerapan paling tinggi berada pada frekuensi optimal 12.2 GHz sebesar -1.5 dB, memiliki lebar pita penyerapan (bandwidth) sebesar 3 GHz. Sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.67}\text{Ti}_{0.33}\text{O}_3$ memiliki nilai penyerapan sedikit lebih baik, sebesar -4.5 dB pada frekuensi optimal 12 GHz, dan memiliki lebar pita penyerapan yang sama dengan sampel tanpa Ti yaitu 3 GHz. Sedangkan yang terakhir adalah sampel yang seluruh komposisi atom Mn tergantikan oleh Ti. Sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan dua sampel sebelumnya, yaitu ditemukannya beberapa pita penyerapan yang lebarnya lebih kecil (*narrow*). Walaupun lebar pita lebih kecil, ada salah satu pita yang memiliki kemampuan penyerapan paling besar. Yaitu pada frekuensi optimal 15.4

GHz sebesar -14.5 dB dengan pita penyerapan selebar 1 GHz. Fenomena ini terjadi karena sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ memiliki 2 fasa dengan fasa utamanya adalah SrTiO_3 , sehingga memiliki pola penyerapan yang berbeda dengan sampel lainnya.

Dari pengukuran yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ memiliki lebar pita penyerapan yang cukup baik tetapi kemampuan penyerapannya tidak terlalu bagus. Sedangkan sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ memiliki lebar pita yang kecil tetapi kemampuan penyerapan yang luar biasa.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh proses penelitian ini, peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan antara lain:

- a. Sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ($x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.33, 1.00$) yang telah dibuat peneliti berhasil membentuk fasa tunggal. Kecuali untuk sampel $x = 1$ membentuk 2 fasa dengan SrTiO_3 sebagai fasa utama.
- b. Telah diteliti penyerapan gelombang elektromagnetik serta perubahannya terhadap substitusi Ti pada sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ($x = 0, 0.33, \text{ dan } 1.00$)

5.2 Saran

Hasil penyerapan gelombang elektromagnetik pada sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ($x = 0$ dan 0.33) sudah cukup baik, karena memiliki rentang pita penyerapan yang cukup lebar. Hanya saja tidak memiliki kekuatan penyerapan yang besar. Akan lebih baik lagi jika sampel ini dikompositkan dengan bahan lain, seperti yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya [2,17]. Selain membuatnya menjadi material komposit, Yang et al [15] mencoba mempelajari pengaruh penyerapan terhadap ketebalan komposit tersebut. Sehingga dihasilkan penyerapan gelombang elektromagnetik yang sangat optimal.

REFERENSI

- [1] An, Y. J., et al. (2008). *Characteristic Evaluation of Microwave Absorbers Using Dielectric and Magnetic Composite Material*. Journal of Ceramic Processing Research Vol.9 No.4 pp.430-436.
- [2] Cheng, Y.L., et al. (2010). *Electromagnetic and Microwave Absorption of Carbonyl iron/La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 322 : 97 – 101.
- [3] Sjöberg, D. & Ramprecht, J. (2007). *Biased Magnetic Materials in RAM Application*. PIER 75, 85 – 117.
- [4] Kawano, H., et al. (1996). *Canted antiferromagnetism in an insulating lightly doped La_{1-x}Sr_xMnO₃ with x ~ 0.17*. Physical Review B 53: 2202.
- [5] Urushibara A., et al. (1995). *Insulator-metal transition and giant magnetoresistance in La_{1-x}Sr_xMnO₃*. Physical Review B 51: 14103.
- [6] Tomioka Y., et al. (1996). *Magnetic-field-induced metal-insulator phenomena in Pr_{1-x}Ca_xMnO₃ with controlled charge-ordering instability*. Physical Review B 53: 1689.
- [7] Cox, D.E., et al. (2000). *Vertical boundary at x~0.11 in the structural phase diagram of the La_{1-x}Sr_xMnO₃ system*. arXiv:cond-mat/0010339v1.
- [8] Zener, C. (1951). Phys.Rev. **81**, 440.
- [9] Zener, C. (1951). Phys.Rev. **82**, 403-405.
- [10] Hu, J., et al. (2002). *Enhancement of room temperature magnetoresistance in La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{1-x}Ti_xO₃ manganites*. Mat.Sci.Eng B 90: 146-148.
- [11] Kallel, N., et al. (2003). *Structure, magnetic, and electrical behaviour of La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{1-x}Ti_xO₃ with 0 ≤ x ≤ 0.3*. JMMM 261: 56-65.
- [12] Kallel, N., Oumezzine, M., and Vincent, H. (2008). *Neutron-powder-diffraction study of structural and magnetic structure of La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{1-x}Ti_xO₃ (x = 0, 0.10, 0.20, 0.30)*. JMMM 320: 1810-1816.
- [13] Zalita, Z., et al. (2009). *Magnetic, electrical transport, and impedance spectroscopy studies on Ti substituted La_{0.67}Sr_{0.33}MnO₃ ceramics*. Sains Malaysiana 38(5): 673-678.

- [14] Application Note: *Measurement of Dielectric Material Properties*. 2006. ROHDE&SCHWARZ.
- [15] Yang, R. B., et al. (2010). *Microwave Absorbing Properties of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ composites with negative magnetic susceptibility*. Journal of Applied Physics 107, 09A523.
- [16] Guran, Ardéshir., Mitra, Raj., Moser, Philip J. (1996). *Electromagnetic wave interactions*. Series on stability, vibration, and control of systems. World Scientific. p. 41.
- [17] Tsay, C. T., et al. (2010). *Investigation on Electromagnetic and Microwave Absorbing Properties of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃/carbon nanotube Composites*. Journal Of Applied Physics 107, 09A502.
- [18] Li. G., et al. (2002). *Attractive Microwave-Absorbing Properties Of La_{1-x}Sr_xMnO₃ Manganite Powders*. ELSEVIER Materials Chemistry and Physics 75: 101–104.
- [19] Arno H. Reidlies. (2007). *Manganese Compounds*. Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology: John Willey.
- [20] Pinsard, L., Rodriguez-Carvajal, J., Revcolevschi, A. (1997). *Structural phase diagram of La_{1-x}Sr_xMnO₃ for low Sr doping*. Journal of Alloys Compound: 262, 152-156

Ringkasan Tugas Akhir / Skripsi

Nama, NPM : Iyan Subiyanto, 0606068316
Pembimbing : 1. Dr. Azwar Manaf, M.Met
2. Dr. Budhy Kurniawan
Judul (Indonesia) : Perhitungan Impedansi pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk Penyerap Gelombang Elektromagnetik.
Judul (Inggris) : Impedance Measurement of $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ for Electromagnetic Wave Absorber.

Abstrak

Substitusi Mn^{4+} oleh Ti^{4+} pada bahan polikristal $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.33,$ dan 1 telah dibuat dengan metode Reaksi Padatan. Kurva Difraksi Sinar X menunjukkan struktur kristal berfasa tunggal. Sifat Penyerapan Gelombang Elektromagnetik didapatkan dari Parameter Hamburan S_{11} dan S_{21} menggunakan Vector Network Analyzer dengan frekuensi sapuan dari 10 GHz hingga 16 GHz , kemudian dianalisa menggunakan metode konversi Nicholson-Ross-Weir. Intensitas penyerapan paling baik terdapat pada $x = 0.33$ sebesar -4.5 dB pada frekuensi optimal 12 GHz , dan memiliki lebar pita penyerapan 3 GHz .

Kata Kunci: Oksida Lanthanum Stronthium Manganat, doping Ti, Reaksi Padatan, Penyerapan Gelombang Mikro.

Abstract

Mn^{4+} to Ti^{4+} substituted polycrystalline $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ with $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.33,$ and 1 have been prepared by Solid-State Reaction method. X-Ray Diffraction curve has shown that the crystal structure is single phase. The electromagnetic absorber property have been investigated from S_{11} and S_{21} Scattering Parameter using Vector Network Analyzer scanning from 10 GHz to 16 GHz , and analyzed with Nicholson-Ross-Weir conversion method. The best absorber belongs to sample with $x = 0.33$ equals to -4.5 dB on the optimal frequency 12 GHz and bandwidth 3 GHz .

Key Words: Lanthanum Stronthium Manganese Oxide, Ti doping, Solid-State Reaction, Microwave Absorber.

Pendahuluan

Dekade ini para penggiat teknologi membutuhkan material penyerap gelombang elektromagnetik yang berfungsi sebagai filter dari banyaknya radiasi. Misalnya pada aplikasi militer, bahan penyerap gelombang dapat digunakan untuk menghindari deteksi gelombang radar. Bahkan untuk aplikasi yang memiliki ukuran besar seperti pesawat, kapal, atau tank dibutuhkan bahan penyerap super tipis yang memiliki penyerapan luar biasa.

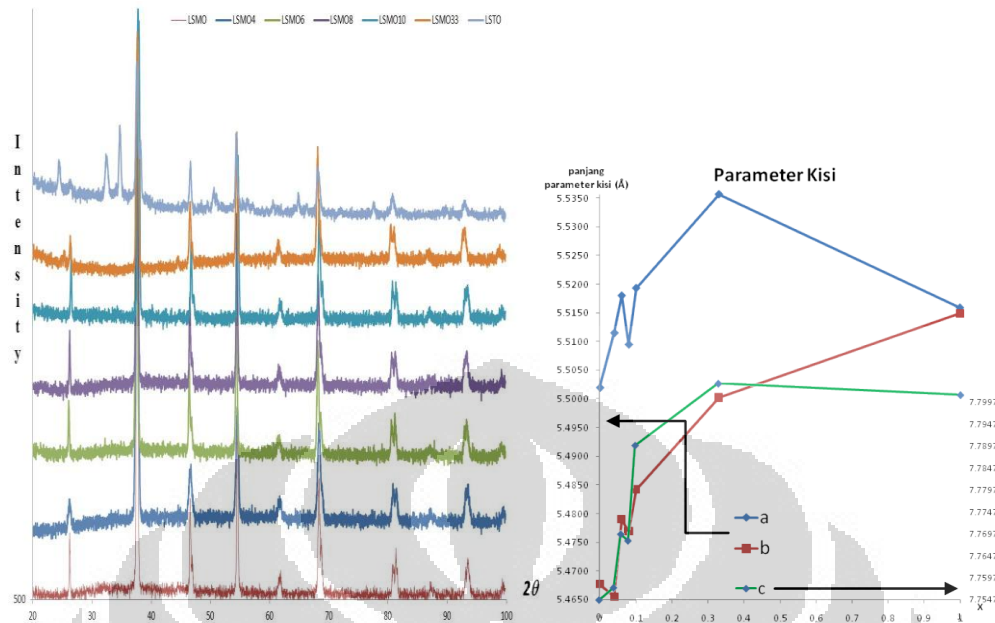
Untuk mencapai spesifikasi ini, dibutuhkanlah bahan yang memiliki *Reflektansi loss* yang cukup besar. Dimana Reflektansi loss ini timbul karena bahan tersebut memiliki *elektrik loss* dan *magnetik loss*, yang merupakan konsekuensi dari permeabilitas dan permitivitas imajiner yang besar. Pada bahan magnet memiliki kelebihan tersendiri, yakni nilai saturasi magnetik yang cukup besar berfungsi untuk memperlebar pita frekuensi penyerapan.

Peneliti mencoba modifikasi untuk membuat bahan dielektrik yaitu paduan logam manganat tanah jarang yang didopping Ti agar dapat meningkatkan sifat dielektrik bahan. Sehingga menghasilkan material $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ di mana $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.33, \text{ dan } 1$. Dengan divariasikannya komposisi doppan titanat pada mangan, semoga mendapatkan peningkatan permitifitas kompleks dan permeabilitas kompleks yang berakibat optimalnya penyerapan gelombang elektromagnetik.

Eksperimen

Eksperimen ini menggunakan metode Reaksi Padatan (*Solid-State Reaction*). La_2O_3 , SrCO_3 , MnCO_3 , dan TiO_2 digerus secara otomatis menggunakan *Planetary Ball Mill*. Setelah selesai, hasil gerusan dipanaskan melalui proses kalsinasi. Selanjutnya, bahan yang telah selesai dikalsinasi harus dijadikan pelet dengan cara mengkompaksinya menggunakan mesin kompresi. Perlakuan terakhir adalah pemanasan melalui proses *Sintering* menggunakan *furnace*. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan X Ray Diffractometer untuk mengetahui struktur Kristal, dan Vector Network Analyzer untuk mengetahui besarnya penyerapan gelombang elektromagnetik.

Hasil dan Pembahasan

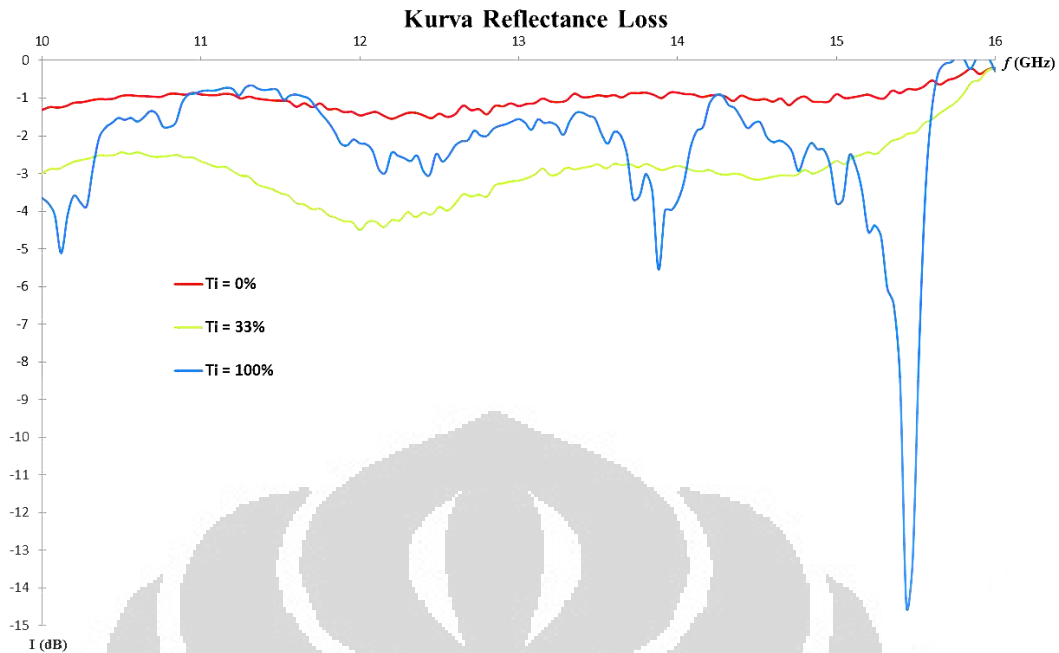


Gambar 1 Kurva XRD dan parameter kisi hasil refinement

Dengan menggunakan software GSAS, hasil refinement kurva XRD menunjukkan fasa tunggal pada sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ untuk $x = 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10,$ dan 0.33 . Sedangkan untuk $x = 1.00$ memiliki 2 fasa, yaitu fasa SrTiO_3 dan $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$. Grafik parameter kisi dapat kita jelaskan bahwa dengan digantikannya sebagian atom Mn oleh atom Ti akan berakibat bertambah panjang parameter kisi. Hal ini disebabkan jari-jari atom Ti lebih besar dari atom Mn. Hanya saja pada konsentrasi Ti 100%, panjang a dan c kembali menurun karena mengalami perubahan fasa struktur kristal.

Rentang frekuensi yang dipakai untuk karakterisasi penyerap gelombang elektromagnetik adalah pada *X Band* (pita x), yakni antara 8 GHz hingga 12 GHz. Karena pada rentang frekuensi tersebut, banyak digunakan untuk teknologi RADAR (*Radio Detection and Ranging*) dalam aplikasi militer. Hanya saja *waveguide* (pandu gelombang) yang kami miliki memiliki daerah kerja pada frekuensi 9.8 GHz hingga 20 GHz. Sehingga pengukuran yang dilakukan hanya pada rentang frekuensi 10 GHz hingga 16 GHz.

Dari kurva pada gambar 2 terlihat jelas bahwa pada sampel LSMO memiliki penyerapan gelombang elektromagnetik. Pada sampel yang tidak memiliki Ti, intensitas penyerapan tidak terlalu besar. Untuk sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ nilai penyerapan paling tinggi berada pada frekuensi optimal



Gambar 2 Kurva penyerapan gelombang elektromagnetik pada bahan $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$

12.2 GHz sebesar -1.5 dB, memiliki lebar pita penyerapan (bandwidth) sebesar 3 GHz. Sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{0.67}\text{Ti}_{0.33}\text{O}_3$ memiliki nilai penyerapan sedikit lebih baik, sebesar -4.5 dB pada frekuensi optimal 12 GHz, dan memiliki lebar pita penyerapan yang sama dengan sampel tanpa Ti yaitu 3 GHz. Sedangkan yang terakhir adalah sampel yang seluruh komposisi atom Mn tergantikan oleh Ti. Sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan dua sampel sebelumnya, yaitu ditemukannya beberapa pita penyerapan yang lebarnya lebih kecil (narrow). Walaupun lebar pita lebih kecil, ada salah satu pita yang memiliki kemampuan penyerapan paling besar. Yaitu pada frekuensi optimal 15.4 GHz sebesar -14.5 dB dengan pita penyerapan selebar 1 GHz. Fenomena ini terjadi karena sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ memiliki 2 fasa dengan fasa utamanya adalah SrTiO_3 , sehingga memiliki pola penyerapan yang berbeda dengan sampel lainnya.

Dari pengukuran yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ memiliki lebar pita penyerapan yang cukup baik tetapi kemampuan penyerapannya tidak terlalu bagus. Sedangkan sampel $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{TiO}_3$ memiliki lebar pita yang kecil tetapi kemampuan penyerapan yang luar biasa.

Referensi

- [1] An, Y. J., et al. (2008). *Characteristic Evaluation of Microwave Absorbers Using Dielectric and Magnetic Composite Material*. Journal of Ceramic Processing Research Vol.9 No.4 pp.430-436.
- [2] Cheng, Y.L., et al. (2010). *Electromagnetic and Microwave Absorption of Carbonyl iron/La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 322 : 97 – 101.
- [3] Sjöberg, D. & Ramprecht, J. (2007). *Biased Magnetic Materials in RAM Application*. PIER 75, 85 – 117.
- [4] Kawano, H., et al. (1996). *Canted antiferromagnetism in an insulating lightly doped La_{1-x}Sr_xMnO₃ with x ~ 0.17*. Physical Review B 53: 2202.
- [5] Urushibara A., et al. (1995). *Insulator-metal transition and giant magnetoresistance in La_{1-x}Sr_xMnO₃*. Physical Review B 51: 14103.
- [6] Tomioka Y., et al. (1996). *Magnetic-field-induced metal-insulator phenomena in Pr_{1-x}Ca_xMnO₃ with controlled charge-ordering instability*. Physical Review B 53: 1689.
- [7] Cox, D.E., et al. (2000). *Vertical boundary at x~0.11 in the structural phase diagram of the La_{1-x}Sr_xMnO₃ system*. arXiv:cond-mat/0010339v1.
- [8] Zener, C. (1951). Phys.Rev. **81**, 440.
- [9] Zener, C. (1951). Phys.Rev. **82**, 403-405.
- [10] Hu, J., et al. (2002). *Enhancement of room temperature magnetoresistance in La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{1-x}Ti_xO₃ manganites*. Mat.Sci.Eng B 90: 146-148.
- [11] Kallel, N., et al. (2003). *Structure, magnetic, and electrical behaviour of La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{1-x}Ti_xO₃ with 0 ≤ x ≤ 0.3*. JMMM 261: 56-65.
- [12] Kallel, N., Oumezzine, M., and Vincent, H. (2008). *Neutron-powder-diffraction study of structural and magnetic structure of La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{1-x}Ti_xO₃ (x = 0, 0.10, 0.20, 0.30)*. JMMM 320: 1810-1816.
- [13] Zalita, Z., et al. (2009). *Magnetic, electrical transport, and impedance spectroscopy studies on Ti substituted La_{0.67}Sr_{0.33}MnO₃ ceramics*. Sains Malaysiana 38(5): 673-678.
- [14] Application Note: *Measurement of Dielectric Material Properties*. 2006. ROHDE&SCHWARZ.

- [15] Yang, R. B., et al. (2010). *Microwave Absorbing Properties of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ composites with negative magnetic susceptibility*. Journal of Applied Physics 107, 09A523.
- [16] Guran, Ardéshir., Mitra, Raj., Moser, Philip J. (1996). *Electromagnetic wave interactions*. Series on stability, vibration, and control of systems. World Scientific. p. 41.
- [17] Tsay, C. T., et al. (2010). *Investigation on Electromagnetic and Microwave Absorbing Properties of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃/carbon nanotube Composites*. Journal Of Applied Physics 107, 09A502.
- [18] Li. G., et al. (2002). *Attractive Microwave-Absorbing Properties Of La_{1-x}Sr_xMnO₃ Manganite Powders*. ELSEVIER Materials Chemistry and Physics 75: 101–104.
- [19] Arno H. Reidlies. (2007). *Manganese Compounds*. Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology: John Willey.
- [20] Pinsard, L., Rodriguez-Carvajal, J., Revcolevschi, A. (1997). *Structural phase diagram of La_{1-x}Sr_xMnO₃ for low Sr doping*. Journal of Alloys Compound: 262, 152-156