

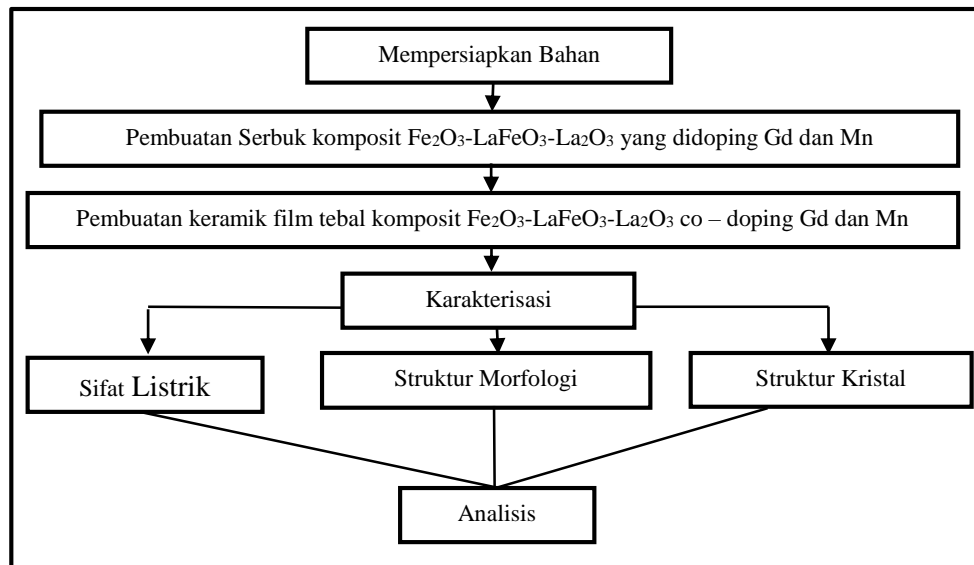
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juli – September 2020 yang bertempat di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan Nuklir Nasional (PSTNT – BATAN) Jalan Tamansari Nomor 71 Bandung, Jawa Barat.

### 3.2 Desain Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn memiliki alur penelitian secara umum yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur desain penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian dengan metode berbasis eksperimen. Langkah pertama dari eksperimen ini dimulai dengan mempersiapkan bahan yang digunakan untuk membuat serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn, Gd sebanyak 3% mol dan Mn sebanyak 5% mol. Bahan yang digunakan dalam pembuatan serbuk adalah serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{La}_2\text{O}_3, \text{Gd}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Mn}_2\text{O}_3$

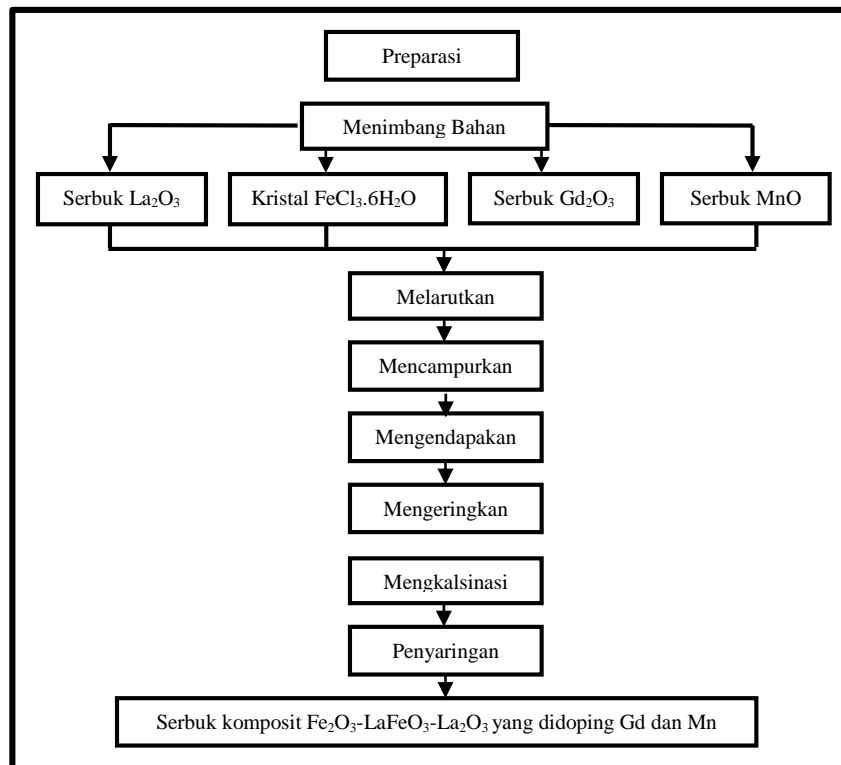
Langkah selanjutnya yaitu membuat keramik film tebal dari serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn. Serbuk tersebut dibuat menjadi pasta

dan dilapiskan ke substrat alumina dengan metode *screen printing*. Hasil *screen printing*, kemudian dikarakterisasi struktur morfologi dengan menggunakan alat *Screen Electron Microscopy* (SEM), mengkarakterisasi struktur kristal menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), serta mengkarakterisasi sifat listriknya dengan melihat hubungan resistivitas sensor dan suhu di ruangan tanpa gas etanol dan berisi gas etanol.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan pembuatan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn, lalu pembuatan keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn. Kemudian mengkarakterisasi film tebal dan membuat analisis data dari keramik film tebal tersebut.

#### 3.3.1 Pembuatan Serbuk komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ yang Didoping Gd dan Mn



Gambar 3.2 Alur Pembuatan Serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn

Dalam pembuatan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn terdiri dari beberapa tahapan yaitu menentukan berat bahan, melarutkan bahan, mencampurkan larutan, mengendapkan larutan, mengeringkan sampel ditunggu, mengkalsinasi sampel, menggerus sampel dan mengayak sampel. Hasil akhir tahapan ini diperoleh serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-}$  yang didoping Gd dan Mn yang memiliki ukuran homogen, alur penelitiannya digambarkan oleh pada Gambar 3.2.

### 3.3.1.1 Pereparasi Bahan

Pembuatan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn dimulai dengan mempersiapkan bahan. Bahan – bahan yang diperlukan antara lain adalah  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  ditunjukkan dalam Tabel 3.1. Alat – alat yang digunakan dalam proses preparasi bahan ditunjukkan oleh Tabel 3.2.

Tabel 3.1

Komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn

Bahan	% Mol	Berat ( <i>gram</i> )
$\text{La}_2\text{O}_3$	46	1,8526
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	46	0,9080
$\text{Gd}_2\text{O}_3$	3	0,1955
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	5	0,0438

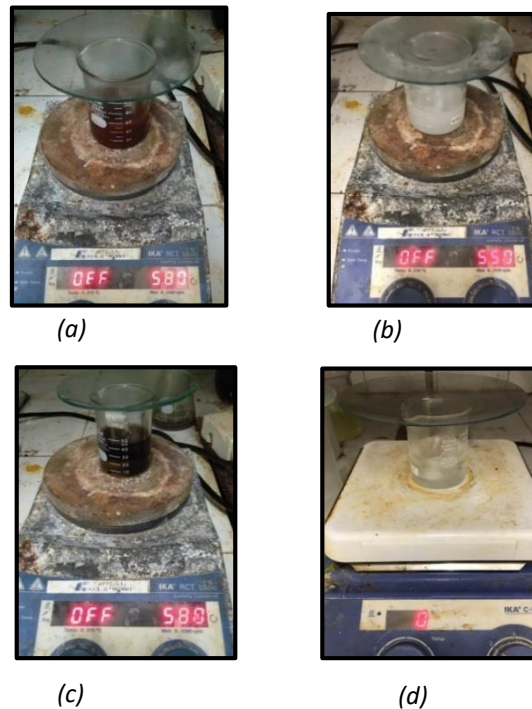
Tabel 3.2

Alat yang digunakan dalam proses penimbangan

No	Alat	Fungsi
1.	Timbangan digital	Menimbang bahan agar sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan
2.	Spatula	Memindahkan bahan dari kertas timbang yang akan dan telah ditimbang
3.	Kertas timbang	Alas menimbang bahan di timbangan digital
4.	<i>Beaker Glass</i>	Wadah menampung bahan yang telah ditimbang

### 3.3.1.2 Pelarutan

Serbuk yang telah ditimbang kemudian dilarutkan dengan pelarutnya. Serbuk  $\text{La}_2\text{O}_3$  dilarutkan dengan 40 ml HCl 10 M, serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dilarutkan dengan 40 ml HCl 10 M, serbuk  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  dilarutkan dengan 40 ml HCl 10 M, dan serbuk MnO dilarutkan dengan 40 ml HCl 10 M. Proses pelarutan dilaksanakan selama 2 jam 15 menit menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer*. Bahan yang digunakan untuk proses pelarutan ditunjukkan oleh Tabel 3.3 dan alat yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.4



Gambar 3.3 Proses pelarutan (a)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (b)  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  (c)  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  (d)  $\text{La}_2\text{O}_3$

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pelarutan serbuk  $\text{La}_2\text{O}_3$ , serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , serbuk  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  dan serbuk  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  ditunjukkan pada Reaksi (3.1) sampai (3.4)



Tabel 3.3

Bahan yang digunakan dalam proses pelarutan

No	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Platee</i>	Alat untuk mengaduk bahan dengan panas dan kecepatan tertentu
2.	<i>Magnetic stirrer</i>	Sebagai batang pengaduk
3.	<i>Beaker Glass</i>	Wadah melarutkan bahan
4.	Pipet	Mengambil HCl

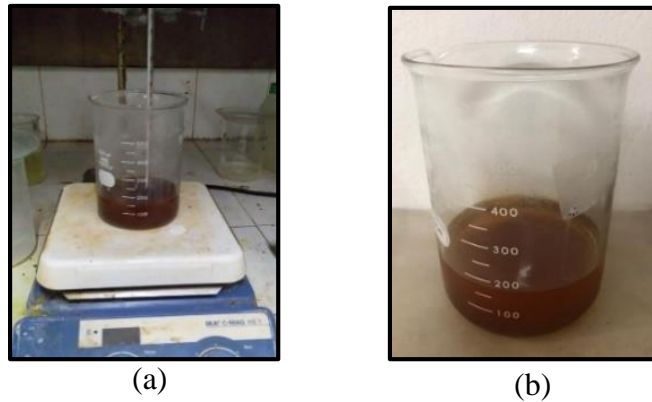
Tabel 3.4

Alat yang digunakan dalam proses pelarutan

Bahan	Fungsi
HCl 10 M	Untuk melarutkan $La_2O_3$ , $Gd_2O_3$ , $Fe_2O_3$ dan $Mn_2O_3$ .

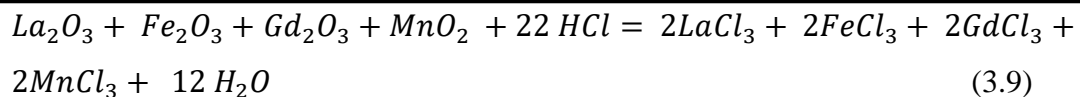
### 3.3.1.3 Pencampuran Larutan

Langkah selanjutnya untuk bahan yang sudah dilarutkan adalah mencampurkan larutan tersebut. Tujuan dari pencampuran larutan agar larutan  $La_2O_3$ , larutan  $Gd_2O_3$ , larutan  $MnO$  dan larutan  $Fe_2O_3$  menjadi satu larutan yang homogen. Pencampuran larutan ini dilakukan di *hot plate* dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses ini dilakukan pada suhu  $40^{\circ}C$  selama tiga jam. Agar proses pencampuran tetap pada suhu  $40^{\circ}C$ , maka pada proses ini perlu menggunakan termometer yang dipasangkan pada statif dan ditempatkan pada gelas beker yang berisi larutan yang sedang dicampurkan. Termometer tersebut dilihat secara berkala untuk memastikan suhu larutan tetap  $40^{\circ}C$ . Alat dan yang digunakan pada proses pencampuran larutan ditunjukkan pada Tabel 3.5



Gambar 3.4 (a) Proses pencampuran bahan dengan suhu dijaga 40°C (b) hasil pencampuran

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pencampuran larutan ditunjukkan pada reaksi (3.5) hingga (3.9).



Tabel 3.5

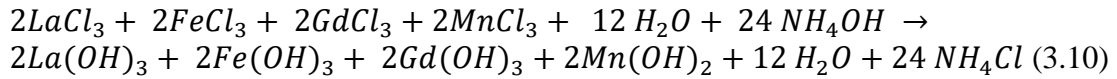
Alat yang Digunakan pada Proses Pencampuran Larutan

No	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Alat untuk mengaduk bahan dengan panas dan kecepatan tertentu
2.	<i>Magnetic stirrer</i>	Sebagai batang pengaduk
3.	<i>Beaker Glass</i>	Wadah melarutkan bahan
4.	Statif	Menepatkan termometer

### 3.3.1.4 Pengendapan Larutan

Proses pengendapan larutan dilakukan dengan cara menambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , lalu diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* di *hot plate*. Penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  atau amoniak dilakukan hingga larutan mencapai  $\text{pH} \pm 8$ . Setelah penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  kemudian larutan tersebut diendapkan selama 24 jam. Hal tersebut dilakukan agar endapan dapat dipisahkan dari  $\text{NH}_4\text{OH}$  (amoniak). Alat – alat yang akan digunakan dalam proses pengendapan larutan ditunjukkan pada Table 3.6

Reaksi kimia yang terjadi saat proses pengendapan dapat ditunjukkan dari persamaan reaksi yang ditunjukkan (3.10).



Tabel 3.6

Alat yang digunakan proses pengendapan

No	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot plate</i>	Alat untuk mengaduk bahan dengan panas dan kecepatan tertentu
2.	<i>Magnetic stirrer</i>	Batang pengaduk yang digunakan saat larutan berada di <i>Hotplate</i>
3.	Batang Pengaduk	Untuk mencampurkan larutan dengan $\text{NH}_4\text{OH}$ ,
4.	pH meter	Mengukur pH larutan yang ditambahkan $\text{NH}_4\text{OH}$ ,
5.	<i>Beaker Glass</i>	Wadah melarutkan bahan



(a)

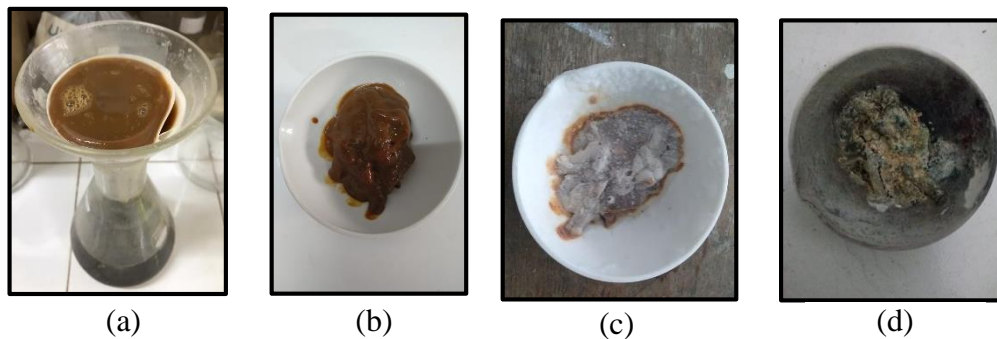


(b)

Gambar 3.5 Proses pengendapan (a) penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (b) hasil penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$

### 3.3.1.5 Pengeringan dan Kalsinasi

Larutan yang telah diendapkan selama 24 jam, disaring menggunakan kertas saring, agar dapat dipisahkan dari larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (amoniak). Hasil yang telah disaring kemudian ditempatkan pada cawan yang selanjutnya akan dikeringkan di tungku dengan suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 6 jam. Lalu dimasukkan kembali ke tungku dan dikalsinasi dengan suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Proses kalsinasi dilakukan agar membentuk senyawa yang disusun dari unsur penyusunnya serta memiliki struktur kristal yang seragam. Alat yang digunakan pada proses pengeringan ditunjukkan pada Tabel 3.7



Gambar 3.6 proses (a) penyaringan dengan kertas saring (b) hasil pengendapan (c) hasil pengeringan (d) hasil kalsinasi  $600^\circ\text{C}$

Tabel 3.7

Alat yang digunakan dalam proses pengeringan dan kalsinasi

No	Alat	Fungsi
1.	Tungku	Untuk mengeringkan dan mengkalsinasi sampel
2.	Cawan porselin	Wadah menyimpan hasil endapan yang disaring dan juga wadah untuk pengeringan
3.	Tang <i>Crunch</i>	Untuk mengambil cawan dari tungku

### 3.3.1.6 Penggerusan dan Pengayakan

Hasil endapan yang telah dikalsinasi selanjutnya akan digerus menggunakan mortar dan alu. Proses penggerusan dilakukan selama  $\pm 30$  menit, hal tersebut dilakukan agar bahan lebih mudah untuk dijadikan pasta. Setelah bahan digerus maka



serbuk yang sudah halus kemudian diayak menggunakan saringan 90 mesh. Hal tersebut dilakukan supaya serbuk yang dihasilkan memiliki ukuran yang seragam.



Gambar 3. 7 (a) Proses penggerusan bahan (b) Proses Pengayakan bahan

Tabel 3.8

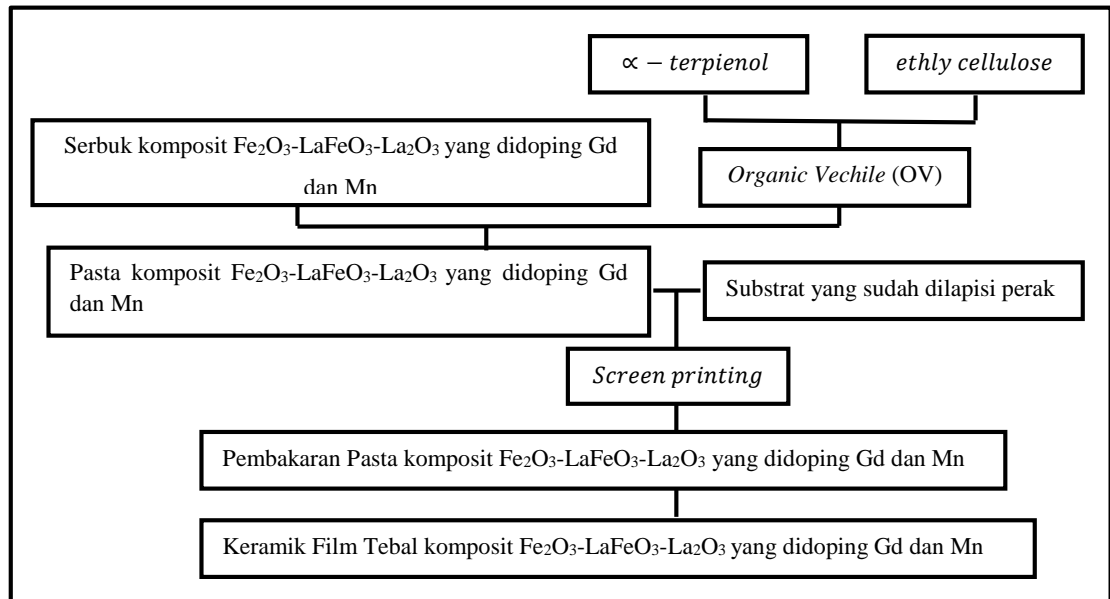
Alat yang digunakan pada proses penggerusan dan pengayakan

No	Alat	Fungsi
1.	Cawan porselin	Wadah menyimpan serbuk
2.	Saringan 90 mesh	Menyaring sampel yang telah digerus
3.	<i>Mortar dan alu</i>	Menggerus sampel yang telah dikalsinasi
4.	Spatula	Memindahkan serbuk yang akan digerus ke <i>mortar</i> dan memindahkan serbuk dari <i>mortar</i> ke wadah sampel

### 3.4 Pembuatan Keramik Film Tebal komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ co – doping Gd dan Mn

Sampel yang telah dibuat menjadi serbuk, kemudian akan masuk ke tahap selanjutnya yaitu pembuatan film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn. Dalam pembuatan Keramik Film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn, serbuk yang sudah didapatkan, dicampur dengan menggunakan *organic vehicle* sehingga membentuk pasta yang akan dilapisi ke

substrat alumina. Alur pembuatan keramik film tebal tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Alur pembuatan keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn

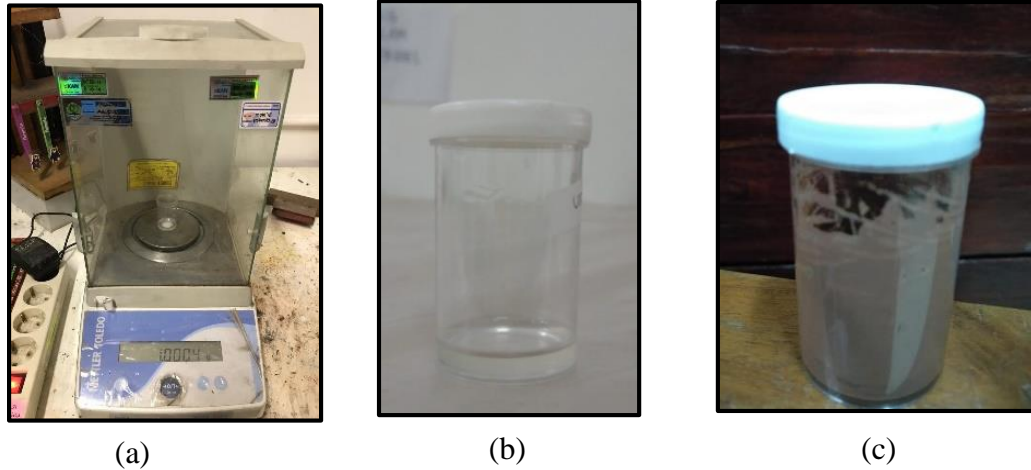
#### 3.4.1.1 Pembuatan Pasta $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ Co – Doping Gd dan Mn

Dalam pembuatan pasta menggunakan *organic vechile* (OV) dengan perhitungan 70% bahan komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn serta 30% *organic vechile* (OV). *Organic vechile* (OV) sendiri tersusun atas senyawa  $\alpha$  -*terpienol* dan *ethly cellulose* dengan konsentransi masing – masing penyusun *organic vechile* (OV) adalah 90%  $\alpha$  -*terpienol* dan 10% *ethly cellulose*.

Sehingga untuk membuat satu gram pasta komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn dibutuhkan 0,7 gram serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn serta 0,3 gram *organic vechile* (OV). Sedangkan untuk satu gram *organic vechile* (OV) dibutuhkan 0,9 gram  $\alpha$  -*terpienol* dan 0,1 gram *ethly cellulose*.

Setelah *organic vechile* (OV) dan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn dicampurkan dan sudah berbentuk pasta, maka pasta tersebut

disimpan selama 24 jam. Alat – alat yang digunakan pada proses pembuatan pasta komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn ditunjukkan pada Tabel 3.9.



Gambar 3.9(a)Proses penimbangan organic vechile (OV) (b) hasil organic vechile (OV) (c) hasil pasta yang telah dibuat

Tabel 3. 9

Alat yang digunakan pada pembuatan pasta komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn

No	Alat	Fungsi
1.	Wadah Pasta	Wadah menyimpan pasta yang akan dibuat
2.	Timbangan digital	Menimbang bahan yang akan digunakan untuk pembuatan pasta
3.	Spatula	Memindahkan sample yang akan ditimbang serta untuk mengaduk serbuk hasil pengayakan dengan OV

### 3.4.1.2 Pelapisan dan Pembakaran Pasta Perak pada Substrat Alumina

Proses selanjutnya yaitu melakukan pelapisan perak pada substrat alumina. Pelapisan ini berfungsi sebagai kontak ohmik agar resistansi keramik film tebal dapat terbaca. Tujuan dari pelapisan perak adalah untuk mengetahui karakteristik sifat listrik dari keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn.

Langkah – langkah yang dilakukan dalam metode *screen printing* yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan *screen* diatas meja dan mengunci *screen* tersebut dengan holder
2. Menyesuaikan posisi substrat alumina dengan *screen*
3. Mendouble-tip substrat alumina keatas meja agar posisi substrat alumina tidak berubah saat melakukan *printing*
4. Mengambil pasta perak menggunakan spatula secukupnya dan meletakkan pasta perak tersebut di rakel
5. Menyapukan pasta perak ke *screen* yang sudah disiapkan

Substrat yang telah dilapisi kemudian dibakar dengan suhu  $600^{\circ}\text{C}$ , selama 10 menit. Bahan dan alat yang digunakan pada proses pelapisan pasta perak pada substrat alumina ditunjukkan pada Tabel 3.10

Tabel 3.10

Alat yang digunakan untuk proses screen printing

No	Alat	Fungsi
1.	<i>Screen</i>	Mencetak pasta perak diatas substrat alumina
2.	Penjepit <i>Screen</i>	Menjepit <i>screen</i> agar <i>screen</i> tidak bergerak saat penyapuan pasat perak
3.	Spatula	Mengambil pasta perak yang akan diletakan di rakel
4.	Rakel	Alat untuk menyapu pasta perak pada <i>screen</i>
5.	<i>Double tip</i>	Menempelkan substrat alumina ke meja, agar substrat tidak berubah posisi saat proses penyapuan



Gambar 3. 10 Substrat yang telah dilapisi pasta perak dan telah dibakar selama 10 menit dengan suhu  $600^{\circ}\text{C}$

### 3.4.1.3 Pelapisan Pasta Komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>- Yang Didoping Gd dan Mn

Proses pelapisan pasta komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn dilakukan dengan cara yang sama dengan pelapisan perak pada substrat alumina. Cara pelapisan yaitu dengan menyapukan pasta ke substrat alumina yang telah dilapisi perak dan telah dibakar 10 menit disuhu 600°C. Alat – alat yang digunakan dalam proses pelapisan pasta komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn ditunjukkan pada Tabel 3.11

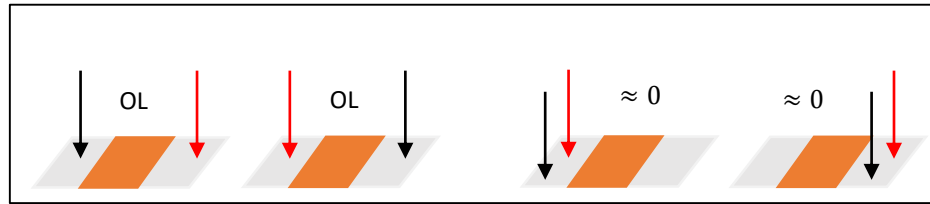
Tabel 3.11

Alat yang digunakan pada proses pelapisan pasta komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn

No	Alat	Fungsi
1.	<i>Screen</i>	Mencetak pasta bahan diatas substrat alumina
2.	Penjepit <i>Screen</i>	Menjepit <i>screen</i> agar <i>screen</i> tidak bergerak saat penyapuan pasta bahan
3.	Spatula	Mengambil pasta bahan yang akan diletakan di raket
4.	Raket	Menyapu pasta bahan pada <i>screen</i>
5.	Double tip	Menempelkan substrat alumina ke meja, agar substrat tidak berubah posisi saat proses penyapuan

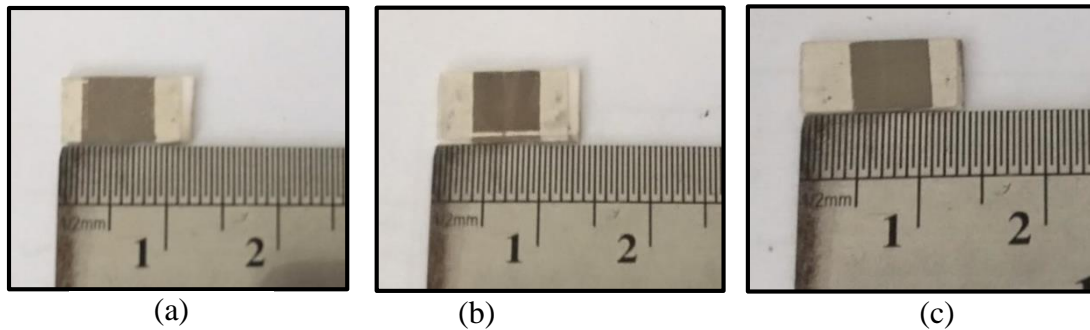
### 3.4.1.4 Pembakaran Pasta Komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Yang Didoping Gd dan Mn

Setelah subtrat alumina yang telah dilapisi pasta perak dan pasta komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn, kemudian dibakar disuhu 700°C, 800°C, dan 900°C, masing – masing selama dua jam. Pembakaran yang dilakukan agar pasta yang telah di lapisi pada substrat menempel lebih kuat dan lebih padat pada substrat. Substrat yang telah dibakar kemudian diuji nilai resistansinya dengan menggunakan alat multimeter. Cara pengecekan resistansi seperti pada gambar 34.



Gambar 3. 11 Pengukuran Resistansi Antara Lapisan Perak pada Keramik

Alat – alat yang digunakan pada proses pembakaran pasta komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn ditunjukkan pada tabel 3.12.



Gambar 3. 12 Hasil pembakaran komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn, dengan suhu pembakaran (a)  $700^\circ\text{C}$  (b)  $800^\circ\text{C}$  (c)  $900^\circ\text{C}$

Tabel 3.12

Alat yang Digunakan pada Proses Pembakaran Pasta komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  yang didoping Gd dan Mn

No	Alat	Fungsi
1.	Tungku	Membakar substrat alumina yang telah dilapisi pembakaran pasta komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ co – doping Gd dan Mn
2.	Cawan porselin	Wadah menyimpan substrat pasta komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ co – doping Gd dan Mn
3.	Tang <i>Crunch</i>	Untuk mengambil cawan poerselin yang berisi substrat pasta komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ co – doping Gd dan Mn

### **3.4.2 Karakteristik Keramik Film Tebal Komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang Didoping Gd dan Mn**

Keramik film tebal komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn yang telah didapatkan lalu dikarakterisasi untuk mengetahui struktur kristal, struktur morfologi dan sifat listrik seperti sensitivitas dan suhu operasi. Mengenai penjelasan karakterisasi dijelaskan sebagai berikut:

#### **3.4.2.1 Karakterisasi Struktur Kristal**

Keramik film komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn yang telah didapatkan dikarakterisasi struktur kristalnya. Karakterisasi ini menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dari alat tersebut memberikan data berupa grafik serta puncak sudut, yang nantinya diolah sehingga dapat diketahui struktur kristal keramik film tebal tersebut. Alat yang digunakan berada di Institut Teknologi Bandung (ITB) yang bertempat di Jalan Ganesha No. 10 Lb. Siliwangi, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat.

#### **3.4.2.2 Karakterisasi Struktur Morfologi**

Karakterisasi morfologi bertujuan untuk mengetahui morfologi keramik film tebal komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn. Karakteristik morfologi menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang berada di P3GL (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan) yang bertempat di Jalan Dr. Djunjunan No 236, Husein Sastranegara, Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat. Hasil yang akan didapatkan adalah ukuran butir rata – rata komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn.

#### **3.4.2.3 Karakterisasi Sifat Listrik**

Karakterisasi sifat listrik menggunakan *Chamber* gas yang berada di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Teknaga Nuklir Nasional (PSTNT – BATAN). Karakteristik sifat listrik dilakukan dengan mengukur resistansi keramik film tebal komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn pada suhu ruang dalam keadaan ruangan tanpa gas etanol dan ruangan dengan gas etanol. Gas etanol yang digunakan sebanyak 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm.

Keadaan tersebut akan mengakibatkan pengaruh terhadap sensitivitas dan suhu operasi keramik film tebal. Hasil dari karakteristik sifat listrik ini dapat dijadikan sebagai acuan kelayakan sampel untuk menjadi sensor gas etanol.

### 3.5 Analisis Data

Tahapan selanjutnya adalah proses menganalisis data. Menganalisis data yang telah didapatkan setelah proses karakterisasi bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan yang bersesuaian dengan tujuan dari penelitian.

#### 3.5.1.1 Analisis Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Kristal

Data yang didapatkan dari hasil uji XRD berupa fasa kristal, orientasi bidang kristal (hkl), parameter kisi (a, b, dan c) dan ukuran kristalit (D). Hasil – hasil tersebut dianalisis dan dicocokkan dengan *JCPDS (Joint Committee of Powder Diffraction Standard)* menggunakan aplikasi *Highscore*.

Menentukan ukura kristalit dapat dihitung menggunakan persamaan Debye-Scherrer (Murade, dkk.2010):

$$D = \frac{K \lambda}{B \cos \theta} \quad (3.1)$$

dengan D adalah ukuran kristalit (nm), B adalah nilai FWHM (rad), K adalah konstanta *shape-factor* (0.9),  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-x(nm) dan  $\theta$  adalah sudut Bragg. Dari hasil tersebut akan diketahui puncak – puncak hasil difraksi yang digunakan untuk menghitung indeks miller (hkl) dan parameter kisi dari keramik film tebal komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn.

#### 3.5.1.2 Analisis Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Morfologi

Keadaan permukaan morfologi dari keramik film tebal komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang didoping Gd dan Mn. Didapatkan hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Perhitungan ukuran butir rata – rata dapat menggunakan persamaan:

$$\bar{d} = \frac{L(\mu)}{N_{tot}P} \quad (3.1)$$

dengan  $\bar{d}$  adalah ukuran butir rata – rata ( $\mu$ ), L adalah Panjang garis dalam cm dan  $N_{tot}$  adalah jumlah butir total yang terdapat dalam garis dan P adalah perbandingan antara



panjang garis acuan dalam  $cm$  dan  $\mu m$ . Jika nilai ukuran komposit  $Fe_2O_3-LaFeO_3-La_2O_3$  yang didoping Gd dan Mn berbeda untuk suhu pembakaran yang berbeda maka dapat dikatakan suhu pembakaran mempengaruhi keramik film tebal.

### 3.5.1.3 Analisis Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Sifat Listrik

Menentukan sifat listrik dapat dilakukan berdasarkan perbedaan nilai resistansi dari bahan tersebut. Alat yang digunakan yaitu *Chamber gas*. Cara pengambilan data yaitu dengan memanaskan keramik film tebal dari suhu ruangan hingga kurang dari  $400^{\circ}C$ . pengambilan data juga dilakukan saat *chamber gas* berisi etanol 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Data yang didapatkan merupakan nilai resistansi dan suhu saat resistansi itu terbaca. Dari data yang didapatkan kemudian diplot grafik sensitivitas terhadap suhu, untuk melihat suhu operator dari keramik film tebal komposit  $Fe_2O_3-LaFeO_3-La_2O_3$  yang didoping Gd dan Mn. Suhu operator adalah suhu dengan nilai sensitivitas tertinggi. Nilai sensitivitas keramik film tebal dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut (Epp, 2016) :

$$S = \frac{(R_g - R_a)}{R_a} \quad (3.2)$$

dengan S adalah sensitivitas sensor,  $R_g$  adalah resistansi ketika terdapat gas etanol dalam ohm ( $M\Omega$ ), dan  $R_a$  adalah resistansi pada keadaan tanpa gas dalam ohm ( $M\Omega$ ). Jika nilai sensitivitas pada setiap sampel berbeda maka suhu pembakaran mempengaruhi keramik film tebal komposit  $Fe_2O_3-LaFeO_3-La_2O_3$  yang didoping Gd dan Mn.