

## BAB III

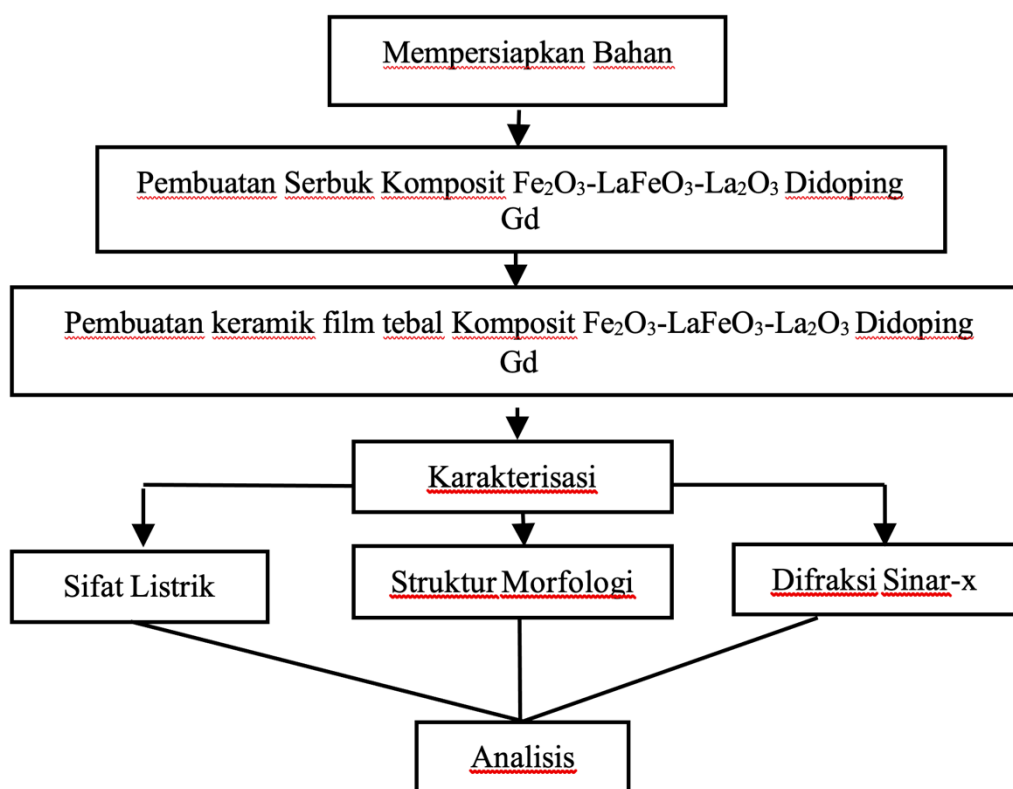
### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli – September 2020 di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) Jalan Tamansari No. 71, Bandung.

#### 3.2. Desain Penelitian

Pada penelitian ini proses sintesis keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{LaFeO}_3$ - $\text{La}_2\text{O}_3$  didoping Gd untuk aplikasi sensor gas etanol ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Desain penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen. Sedangkan metode yang digunakan untuk sintesis pada penelitian ini adalah kopresipitasi. Tahap awal sintesis komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{LaFeO}_3$ - $\text{La}_2\text{O}_3$  didoping Gd yaitu pembuatan serbuk komposit, bahan dasar dari serbuk ini adalah serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , serbuk  $\text{La}_2\text{O}_3$  dan serbuk  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ . Ketiga serbuk tersebut dicampurkan sehingga menghasilkan endapan

yang kemudian akan dilakukan pengeringan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam dan dilanjutkan ke proses kalsinasi pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.

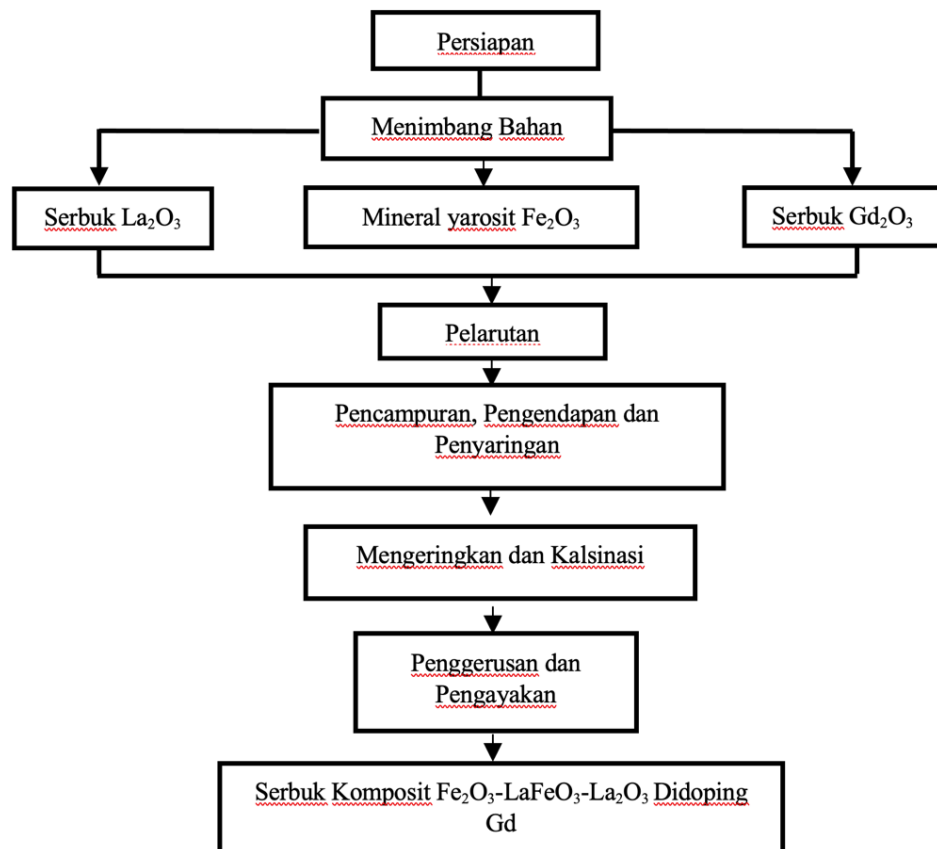
Setelah itu serbuk dibuat menjadi film tebal dengan teknik *screen printing* yang dibakar pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$ , dan  $900^{\circ}\text{C}$ , selama 2 jam. Setelah tahap sintesis selesai maka tahap selanjutnya adalah tahap karakterisasi, tahap karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik XRD, struktur morfologi dan kelistrikan yang dilakukan di dalam ruang berisi gas etanol dan ruang tanpa gas etanol.

### 3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dibagi menjadi dua bagian yaitu sintesis dan karakterisasi. Proses sintesis ini dilakukan dengan dua tahap proses sintesis yaitu pembuatan serbuk dan pembuatan keramik film tebal.

#### 3.3.1. Pembentukan Serbuk Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ Didoping Gd

Secara garis besar proses sintesis pada tahap pembuatan serbuk dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Tahapan pembuatan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd

Penjelasan dari masing-masing tahapan pembuatan serbuk pada Gambar 3.2 adalah sebagai berikut:

### 3.3.1.1. Persiapan Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam tahapan ini yaitu pembuatan serbuk komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd, bahan dasar dari serbuk ini adalah serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , serbuk  $\text{La}_2\text{O}_3$  dan serbuk  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ . Bahan dasar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam penelitian ini merupakan hasil ekstraksi mineral yarosit. Komposisi dari bahan dasar yang digunakan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.1 sedangkan alat yang digunakan pada tahap persiapan bahan ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 1

*Komposisi bahan dasar serbuk*

| Bahan dasar             | %mol | Berat ( <i>gram</i> ) |
|-------------------------|------|-----------------------|
| $\text{La}_2\text{O}_3$ | 50   | 1,9640                |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 47   | 0,9049                |
| $\text{Gd}_2\text{O}_3$ | 3    | 0,1311                |

Tabel 3. 2

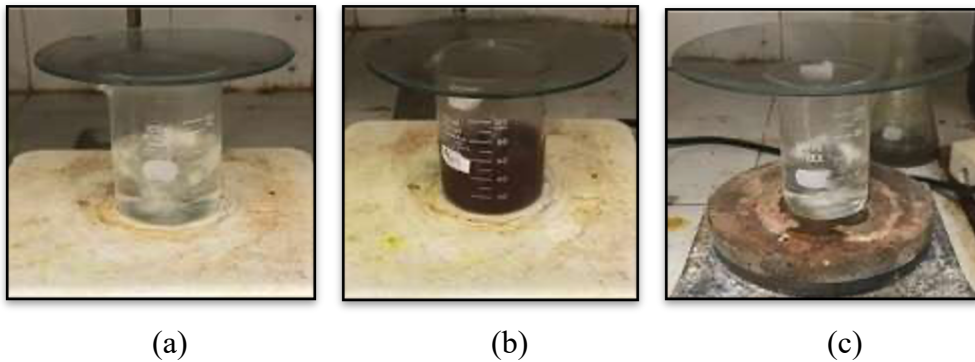
*Alat yang digunakan tahap persiapan bahan*

| No. | Alat                | % mol   |
|-----|---------------------|---|
| 1   | Timbangan digital   | Untuk menimbang bahan dasar agar sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan        |
| 2   | Spatula             | Alat penakar untuk memindahkan bahan dasar pada kertas timbang pada timbangan digital |
| 3   | Kertas timbang      | Untuk alas dasar pada saat menimbang  |
| 4   | <i>Beaker Glass</i> | Wadah serbuk hasil penimbangan  |

### 3.3.1.2. Pelarutan

Setelah bahan dasar dari serbuk ditimbang dan disesuaikan dengan komposisi bahan yang telah tertera pada Tabel 3.1 maka tahap selanjutnya adalah

pelarutan. Proses pelarutan ini dilakukan dengan menyampurkan bahan dasar dengan zat pelarut. Zat pelarut yang digunakan dalam tahap ini adalah HCl 2 M sebanyak 40 ml selama 2 jam 15 menit dengan suhu pemanasan pada *hotplate* 0°C. Proses pelarutan menggunakan *hotplate* dan *stirrer bar*. Proses pelarutan ditunjukkan Gambar 3.3 dan alat dan bahan yang digunakan pada tahapan ini ditunjukkan pada Tabel 3.3



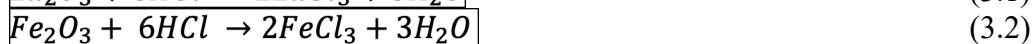
Gambar 3. 3 Proses pelarutan (a) La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (b) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (c) Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Tabel 3. 3

*Alat dan bahan yang digunakan tahap pelarutan*

| No | Alat dan bahan                                 | Fungsi   |
|----|--|--|
| 1  | <i>Magnetic stirrer</i> dan <i>stirrer bar</i> | Alat untuk mengaduk bahan dengan panas dan kecepatan tertentu bahan material yang akan dilarutkan                        |
| 2  | <i>Beaker glass</i> 100 ml                     | Untuk wadah pelarutan bahan material   |
| 3  | HCl  | Sebagai zat pelarut La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , dan Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 4  | Pipet  | Alat untuk mengambil zat pelarut dengan volume yang telah ditentukan   |

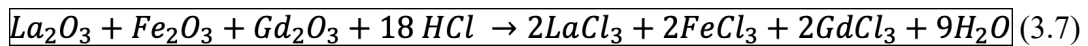
Reaksi kimia yang terjadi pada proses pelarutan La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditunjukkan pada Reaksi (3.1) sampai (3.3)



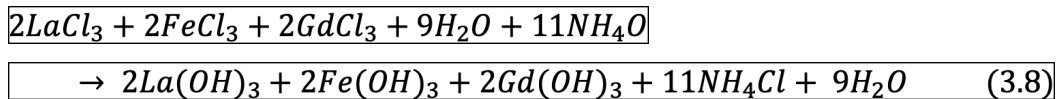
### 3.3.1.3. Pencampuran, Pengendapan dan Penyaringan

Proses pencampuran dilakukan setelah semua bahan terlarut selanjutnya dilakukan proses pencampuran ketiga bahan dasar yang telah dilarutkan sebelumnya. Pencampuran dilakukan *beaker glass* 300 ml lalu dicampurkan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 40°C selama 3 jam.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses ini ditunjukkan pada reaksi (3.4) hingga (3.7).



Proses selanjutnya adalah pengendapan, proses ini dilakukan setelah proses pencampuran berhasil. Proses pengendapan dapat dilakukan dengan menambahkan amoniak (NH<sub>4</sub>OH) proses penambahan amoniak ini dilakukan dengan menuangkannya kedalam hasil pencampuran larutan hingga larutan memiliki pH 8 sampai pH 9. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan ditunjukkan pada reaksi (3.8).



Setelah tahap larutan dicampurkan dan lakukan pengukuran pH seperti yang ditunjukkan Gambar 3.4 (a) dan (c), larutan diendapkan selama 1 sampai 3 hari hasil pengendapan larutan ditunjukkan pada Gambar 3.4 (d) selanjutnya dilakukan penyaringan hasil endapan menggunakan kertas *wathman* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.4 (b). Adapun alat dan bahan yang digunakan pada tahapan ini ditunjukkan pada Tabel 3.4

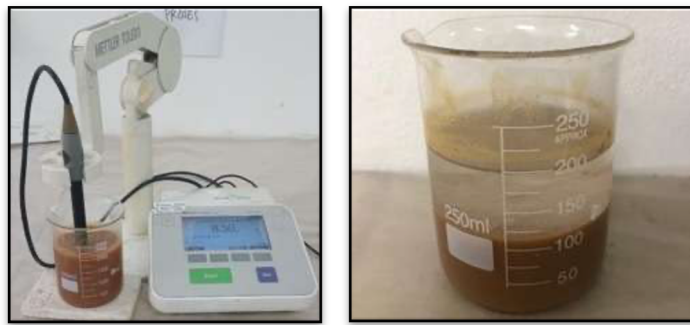


(a)



(b)





(c)

(d)

Gambar 3. 4 (a) Proses pencampuran; (b) Proses penyaringan ;(c) Pencampuran pemberian  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan perhitungan pH; (d) Proses pengendapan

Tabel 3. 4

*Alat yang digunakan tahap pencampuran dan pengendapan*

| No | Alat  | Fungsi   |
|----|---|--|
| 1  | <i>Hot plate</i> dan<br><i>Magnetic stirrer</i> | Alat untuk mengaduk bahan dengan panas dan kecepatan tertentu bahan material yang akan dilarutkan      |
| 2  | <i>Glass beaker 250 ml</i>                      | Untuk wadah dalam proses pencampuran sekaligus pengendapan pada larutan campuran.                      |
| 3  | Termometer dan statif                           | Untuk menjaga suhu larutan agar konsisten dan meletakkan termometer                                    |
| 4  | pH meter  | Untuk mengukur pH endapan.   |
| 5  | Corong  | Untuk wadah penempatan kertas watherman  |
| 6  | <i>Labu verlenmeye</i>                          | Untuk wadah cairan larutan pengendapan   |
| 7  | <i>Watherman</i>                                | Untuk menyaring larutan hasil pencampuran yang diletakkan diatas corong                                |
| 8  | Batang pengaduk                                 | Untuk mengaduk bahan yang telah diberi $\text{NH}_4\text{OH}$ agar tercampur sebelum diukur pH larutan |

#### 3.3.1.4. Pengeringan dan Kalsinasi

Setelah melalui tahap pengendapan dan telah mendapatkan penyaringan hasil pengendapan maka tahap selanjutnya adalah pengeringan dan kalsinasi. Proses pengeringan dilakukan menggunakan alat furnace pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam. Tahap ini dilakukan untuk menghilangkan kadar atau kandungan air yang ada pada tahap sebelumnya. Setelah melalui proses pengeringan selanjutnya dilakukan proses kalsinasi menggunakan alat furnace pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Tahap ini dilakukan agar proses pembentukan antar senyawa lebih baik.

Proses sebelum pengeringan ditunjukkan pada Gambar 3.5 (a) dan hasil pengeringan setelah pengeringan ditunjukkan Gambar 3.5 (b). Sedangkan tahap kalsinasi ditunjukkan Gambar 3.6.



Gambar 3. 5 Proses pengeringan sampel (a) Sebelum pengeringan (b) Setelah pengeringan



Gambar 3. 6 Proses kalsinasi sampel (a) Sebelum kalsinasi (b) Setelah kalsinasi

Adapun alat yang digunakan pada tahap pengeringan dan kalsinasi ini ditunjukkan pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5

*Alat yang digunakan pada tahapan pengeringan dan kalsinasi*

| No | Alat         | Fungsi  |
|----|--------------|---|
| 1  | Furnace      | Untuk memanaskan endapan hingga menjadi kering sehingga mengurangi kadar air. |
| 2  | Cawan 100 ml | Untuk wadah endapan yang akan dikeringkan kemudian dikalsinasi.               |

### 3.3.1.5. Penggerusan dan Pengayakan

Setelah melalui proses pengeringan dan kalsinasi proses selanjutnya yaitu penggerusan dan pengayakan. Proses penggerusan ini dilakukan agar memudahkan pada saat proses pengayakan supaya serbuk menjadi lebih halus. Penggerusan dilakukan menggunakan *mortar* dan *alu*. Setelah dipastikan bahwa hasil penggerusan halus maka serbuk tersebut disaring menggunakan saringan berukuran 90 *mesh*. Proses penggerusan ditunjukkan Gambar 3.7 (a) dan pengayakan ditunjukkan Gambar 3.7 (b). Adapun alat yang digunakan pada tahap penggerusan dan pengayakan ditunjukkan pada Tabel 3.6



(a) (b)

Gambar 3. 7 Proses penggerusan dan pengayakan sampel (a) Penggerusan (b) Pengayakan



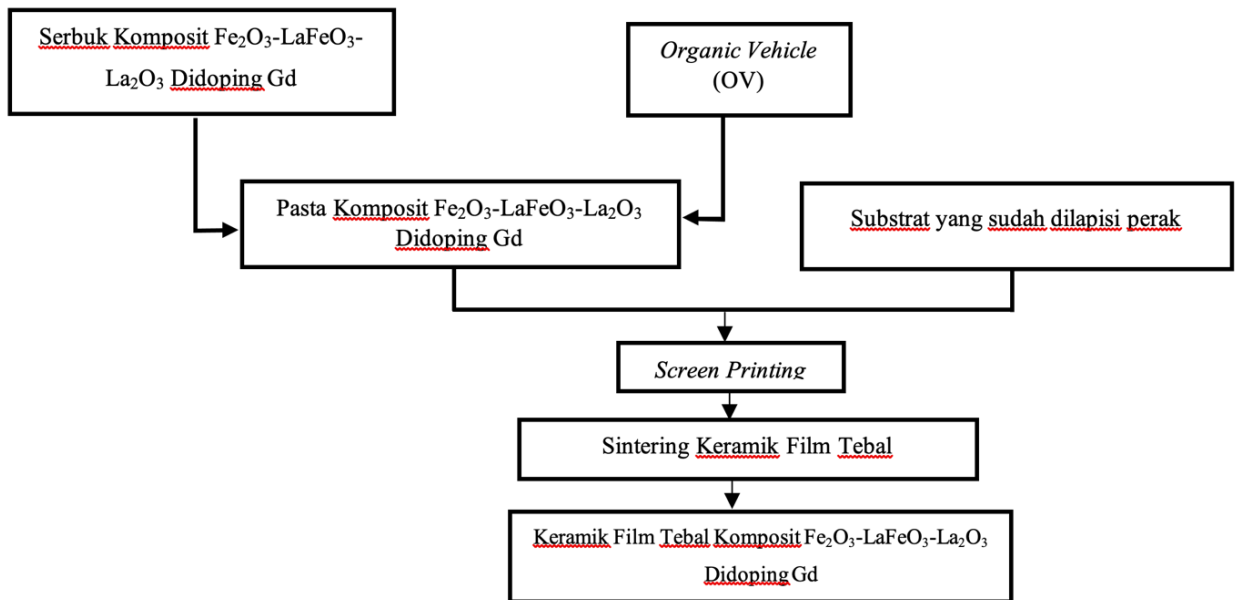
Tabel 3. 6

*Alat yang digunakan pada tahap penggerusan dan pengayakan*

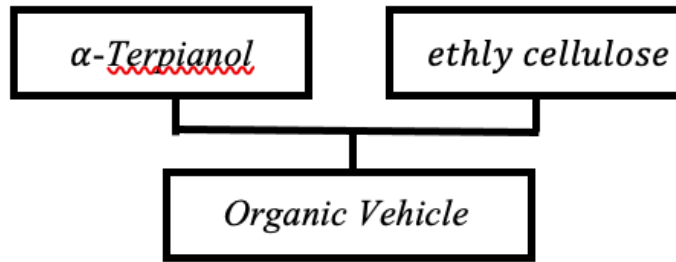
| No | Alat                    | Fungsi  |
|----|-------------------------|---|
| 1. | <i>Mortar dan alu</i>   | Untuk menggerus sampel yang telah di kalsinasi                    |
| 2. | Spatula                 | Untuk memindahkan sampel yang telah digerus ke dalam wadah sampel |
| 3. | Saringan <i>90 mesh</i> | Untuk menyaring sampel yang telah digerus.                        |
| 4. | Wadah sampel            | Untuk menyimpan serbuk yang telah halus                           |

### 3.3.2. Pembentukan Film Tebal Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ Didoping Gd

Pembentukan film tebal dilakukan setelah sampel sudah menjadi serbuk. Untuk proses pembuatan keramik film tebal serbuk hasil sintesis yang telah dibentuk dicampur dengan menggunakan *organic vehicle* sehingga berbentuk pasta sebelum akhirnya dilapisi oleh substrat alumina. Secara garis besar proses sintesis pada tahap pembentukan film tebal dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3. 8 Tahapan Pembuatan Film Tebal



Gambar 3. 9 Tahapan Pembuatan *Organic Vehicle* (OV) Film Tebal

Penjelasan dari masing-masing tahapan pembuatan serbuk pada Gambar 3.9 adalah sebagai berikut:

### 3.3.2.1. Pembuatan Pasta

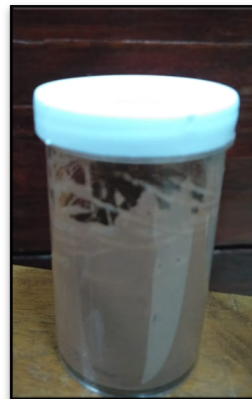
Pembuatan pasta komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd dilakukan dengan menyampurkan serbuk sampel dan *Organic Vehicle* (OV). OV ini dibuat dengan cara menyampurkan senyawa  $\alpha$ -Terpienol dan *ethyl cellulose* seperti pada Gambar 3.9 dengan perbandingan konsentrasi 90% dan 10%. Setelah kedua senyawa tersebut digabungkan dengan perbandingan yang sesuai kedua senyawa tersebut diaduk secara merata menggunakan spatula hingga homogen sampai campuran mendapatkan warna bening.

Pembuatan pasta dilakukan dengan menyampurkan serbuk sampel dan OV. Kedua bahan tersebut dicampur dengan perbandingan konsentrasi 70% dan 30%. Sebagai contoh untuk mendapatkan pasta sebanyak 1 gram maka besar komposisi serbuk sampel adalah 0,7 gram dan OV 0,3 gram. Sedangkan untuk pembuatan OV didapat dengan perbandingan komposisi senyawa  $\alpha$ -Terpienol 0,27 gram dan *ethyl cellulose* 0,03 gram, hasil pembuatan *organic vehicle* ditunjukkan Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 *Organic vehicle*

Setelah semua komposisi sampel serbuk dan OV tersebut dipenuhi maka selanjutnya mengaduk bahan secara merata menggunakan spatula hingga dipastikan kedua komposisi tercampur menjadi pasta, kemudian pasta didiamkan selama kurang lebih satu hari sampai pasta tersebut siap digunakan untuk tahap selanjutnya. Tampilan pasta keramik komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd ditunjukkan Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Pasta keramik

Adapun alat yang digunakan pada tahap pembuatan pasta ditunjukkan pada Tabel 3.7

Tabel 3. 7

*Alat yang digunakan pada tahap pembuatan pasta*

| No | Alat dan Bahan | Fungsi |
|----|----------------|--------|
|----|----------------|--------|

|   |                        |   |
|---|------------------------|---|
| 1 | Timbangan digital      | Untuk menimbang bahan yang diperlukan pada pembuatan <i>organic vehicle</i> dan pasta keramik komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ didoping Gd |
| 2 | Spatula                | Untuk memindahkan bahan ketika akan ditimbang dan dipindahkan ke dalam wadah sampel.  |
| 3 | Wadah sampel           | Untuk menyimpan <i>organic vehicle</i> dan pasta yang telah dibuat.   |
| 4 | $\alpha$ -Terpienol    | Bahan yang digunakan untuk membuat OV   |
| 5 | <i>Ethyl cellulose</i> | Bahan yang digunakan untuk membuat OV   |
| 6 | Serbuk sampel          | Bahan untuk pembuatan pasta   |

### 3.3.2.2. Pelapisan Pasta Perak pada Substrat Alumina

Pelapisan pasta perak pada substrat alumina dilakukan menggunakan teknik *screen printing*, proses ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kelistrikan dari keramik komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd dalam bentuk film tebal sebagai fungsi kontak *ohmik* agar resistansi film tebal yang dibuat dapat diukur. Setelah dilakukan pelapisan perak pada substrat dilakukan proses *firing* dengan suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 10 menit agar perak dapat melekat dengan kuat pada substrat. Perbedaan substrat alumina yang telah di lapisi perak dan sebelum di lapisi perak ditunjukkan Gambar 3.12 (a) dan Gambar 3.12 (b). Adapun alat yang digunakan pada tahap pelapisan pasta perak ditunjukkan pada Tabel 3.8



Gambar 3. 12. Substrat alumina (a) sebelum di lapisi perak (b) setelah di lapisi perak

Tabel 3. 8

*Alat yang digunakan pada tahap pelapisan perak pada substrat alumina*

| No. | Alat dan Bahan    | Fungsi   |
|-----|-------------------|--|
| 1   | Spatula           | Untuk melapiskan pasta perak pada permukaan substrat.  |
| 2   | <i>Double tip</i> | Untuk memposisikan susbstrat agar tidak mudah bergeser |
| 3   | <i>Screen</i>     | Untuk mencetak pasta perak diatas substrat             |
| 4   | Rakel             | Untuk menyapu pasta pada permukaan <i>screen</i>       |
| 5   | Substrat alumina  | Media untuk melapisi pasta perak.                      |
| 6   | Pasta perak       | Kontak ohmik   |
| 7   | Aseton            | Untuk membersihkan alat <i>screen printing</i>         |

### 3.3.2.3. Pelapisan Pasta

Pelapisan pasta dilakukan dengan teknik mengoleskan pasta keramik diatas substrat alumina yang sebelumnya telah dilapisi perak dan telah dibakar. Keramik film tebal yang digunakan untuk pelapisan pasta ditunjukkan Gambar 3.12. Adapun alat yang digunakan pada tahap pelapisan pasta sampel ditunjukkan pada Tabel 3.9

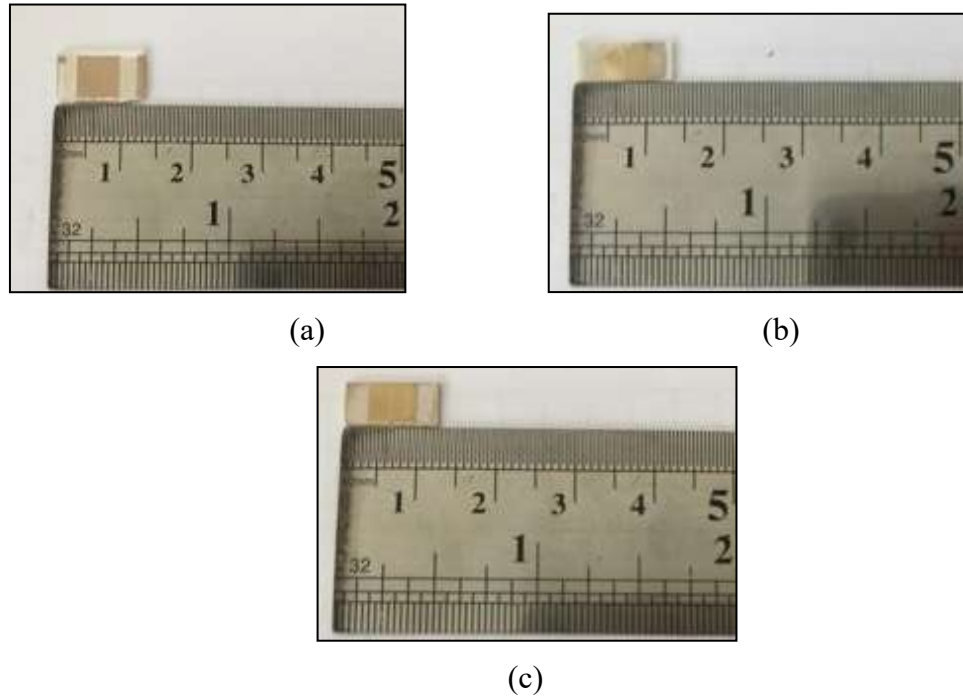
Tabel 3. 9

*Alat yang digunakan pada tahap pelapisan pasta keramik film tebal*

| No. | Alat                   | Fungsi   |
|-----|------------------------|--|
| 1.  | Spatula                | Untuk melapiskan pasta perak pada permukaan substrat   |
| 2.  | Double tip             | Untuk memposisikan susbstrat agar tidak mudah bergeser |
| 3.  | <i>Screen printing</i> | Untuk mencetak pasta perak diatas substrat             |
| 4.  | Rakel                  | Untuk mengoleskan pasta pada permukaan <i>screen</i>   |

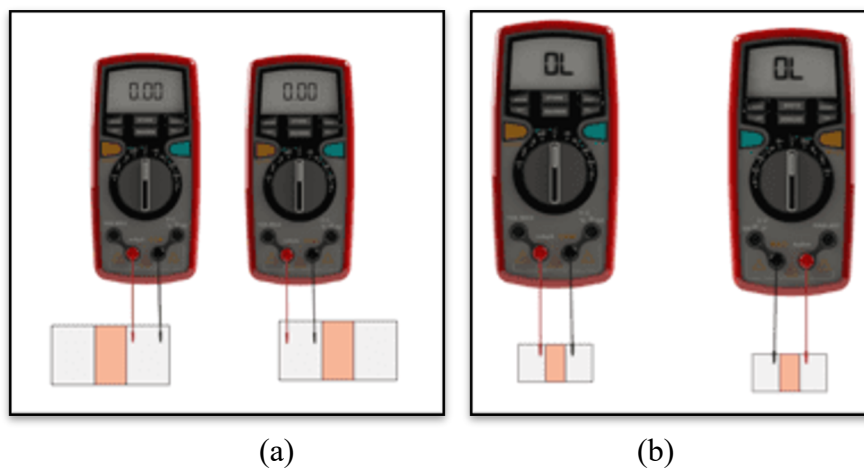
### 3.3.2.4. Firing

Proses *firing* dilakukan pada substrat alumina yang telah dilapisi pasta sebelumnya. Proses *firing* dilakukan pada suhu yang berbeda pada tiap variasi sempel yaitu 700°C, 800°C, dan 900°C, selama 2 jam. Tujuan dari proses ini untuk mendapatkan pasta keramik film tebal komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LaFeO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> didoping Gd untuk mengetahui pengaruh suhu *firing*. Gambar 3.13 menunjukkan gambar dari keramik film tebal yang dibakar selama 700 °C, 800°C dan 900°C yang akan digunakan sebagai sampel karakterisasi pada tahap penelitian selanjutnya.



Gambar 3. 13 Hasil *firing* keramik film tebal (a) suhu  $700^{\circ}\text{C}$  (b) suhu  $800^{\circ}\text{C}$  (c) suhu  $900^{\circ}\text{C}$

Setelah keramik film tebal melalui proses *firing* selanjutnya dilakukan pengecekan nilai resistansi menggunakan alat multimeter sesuai dengan ilustrasi Gambar 3.14. Pada kenyataan pengukuran didapatkan hasil pengukuran resistansi tidak selamanya menunjukkan nilai 0,00 pada LCD melainkan mendekati 0,00 namun hal ini tetap dianggap benar.



Gambar 3. 14 Pengukuran resistansi antar lapisan perak dan salah satu lapisan perak pada keramik film tebal

Adapun alat yang digunakan pada tahap *firing* keramik film tebal ditunjukkan pada Tabel 3.10

Tabel 3. 10

| <i>Alat yang digunakan pada tahapan firing keramik film tebal</i> |                   |  |
|---|-------------------|--|
| No.   | Alat              | Fungsi   |
| 1.  | <i>Furnance</i>   | Tungku untuk proses <i>firing</i> dan kalsinasi.   |
| 2.  | Bata insulator    | Untuk alas sampel keramik film tebal               |
| 3.  | <i>Tang Cruch</i> | Untuk menjepit atau memindahkan keramik film tebal |

### 3.3.3. Karakterisasi Keramik Film Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ Didoping Gd

Proses karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana struktur kristal, struktur morfologi dan sifat listrik pada Film tebal yang telah dibuat. Adapun penjelasan dari masing-masing proses karakterisasi adalah sebagai berikut:

#### 3.3.3.1. Karakterisasi Difraksi Sinar-x

Proses karakterisasi difraksi sinar-x ini merupakan metode yang dilakukan untuk mengetahui struktur kristal yang meliputi bentuk kristal, parameter kisi dan ukuran kristal dari suatu material. Material yang digunakan pada pengujian adalah komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd dalam bentuk film tebal. Alat yang digunakan untuk proses ini adalah *X-Ray Diffraction (XRD)*, hasil yang didapatkan dari proses ini yaitu berupa puncak-puncak difraksi. Proses ini dilakukan di Institut Teknologi Bandung, Jl. Tamansari No.64. Dalam penelitian ini, karakterisasi struktur kristal dilakukan di Institut Teknologi Bandung bagian Laboratorium Teknik Kimia yang berlokasi di Jl. Ganesha No. 10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132.

#### 3.3.3.2. Karakterisasi Struktur Morfologi

Proses karkaterisasi struktur morfologi ini merupakan metode untuk menggambarkan permukaan morfologi dari suatu material. Material yang digunakan pada pengujian ini adalah keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd. Alat yang digunakan untuk proses ini adalah *Scanning Electron Microsoft (SEM)*, pada tahap pengukuran ini hasil yang didapatkan berupa ukuran

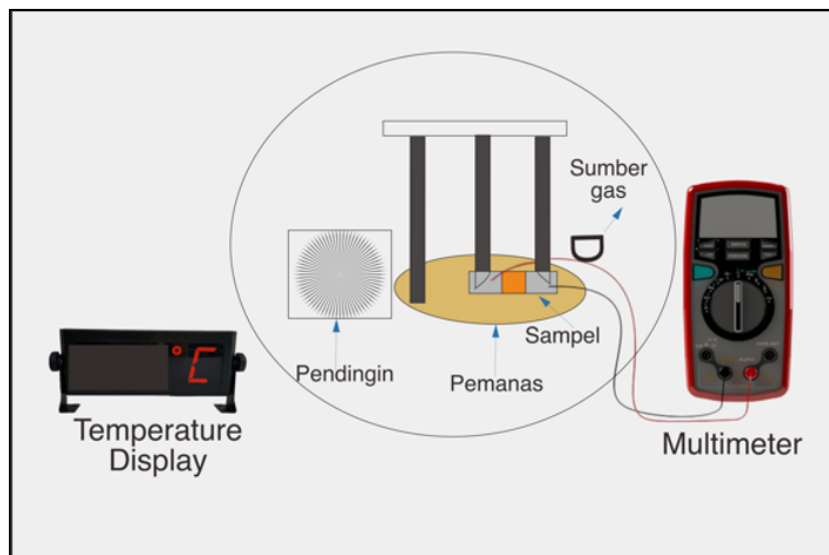


butir rata-rata dari keramik film tebal. Dalam penelitian ini, karakterisasi struktur morfologi dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) bagian Laboratorium Pusat Survei Geologi yang berlokasi di Jl. Dr. Djujungan No. 236, Pasteur, Husen Sastranegara, Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat 40174.

### 3.3.3.3. Karakterisasi Kelistrikan

Proses karakterisasi sifat listrik ini bertujuan untuk mengetahui sifat listrik suatu material, material yang digunakan dalam pengujian ini adalah keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd. Alat yang digunakan pada proses ini adalah multimeter, pada tahap pengukuran ini hasil yang didapatkan dari karakterisasi sifat listrik ini adalah sensitivitas dan suhu operasi. Proses karakterisasi ini dilakukan dengan pengukuran resistansi tiap perubahan suhu  $3^\circ\text{C}$  dalam ruang tanpa gas etanol dan dalam ruang dengan gas etanol 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Proses ini dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) yang berlokasi di Jl. Tamansari No. 71, Lebak Siliwangi, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132.

Skema pengambilan data karakteristik sifat listrik ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15. Skema pengujian karakteristik sifat listrik

### 3.3.4. Analisis Data

Tahap ini adalah tahap terakhir dari desain penelitian seperti yang tertera pada Gambar 3.1. Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan simpulan yang sesuai dengan tujuan dalam penelitian ini. Adapun penjelasan dari hasil proses analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 3.3.4.1. Analisis Difraksi Sinar-x

Berdasarkan hasil dari karakterisasi XRD dapat diketahui pengaruh suhu *firing* keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd. Hasil karakterisasi XRD (*X-Rays Diffraction*) meliputi struktur kristal, parameter kisi dan ukuran kristalin pada keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd untuk aplikasi sensor gas etanol. Struktur kristal diketahui melalui pencocokan hasil karakterisasi dengan JCPDS (*Join Committee of Powder Diffraction Standart*) menggunakan software *High Score*. Dari hasil pencocokan tersebut maka akan diperoleh puncak-puncak hasil difraksi. Puncak-puncak tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai indeks miller (hkl) dan parameter kisi dari keramik film tebal sehingga dapat diketahui pengaruh suhu *firing* keramik film tebal.

Hubungan antara parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl yang sesuai dengan struktur kristalnya ditunjukkan Tabel 2.4, Sedangkan untuk menentukan ukuran kristalin dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Debye-Scherrer* yang ditunjukkan persamaan 3.9 (Murade,dkk. 2011)

$$D = \frac{K \lambda}{B \cos \theta} \quad (3.9)$$

Dimana  $D$  adalah ukuran kristalin dalam (nm),  $K$  adalah konstanta shape faktor (0.9),  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-x (nm), dan  $B$  adalah nilai FWHM (rad), dan  $\theta$  adalah sudut *Bragg*.

Berdasarkan karakteristik XRD pada keramik film tebal maka dapat diketahui karakteristik kristal terhadap pengaruh suhu *firing* keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd untuk aplikasi sensor gas etanol. Dalam penelitian ini karakterisasi XRD dilakukan di Institut Teknologi Bandung bagian Laboratorium Teknik Kimia yang berlokasi di Jl. Ganesha No. 10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132.

### 3.3.4.2. Analisis Struktur Morfologi

Berdasarkan hasil dari karakterisasi struktur morfologi dapat diketahui pengaruh suhu pembakaran yang terjadi pada keramik film tebal. Hasil karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dapat dilihat dari perbedaan ukuran butir pada keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd. Untuk mendapatkan ukuran butir rata-rata dilakukan pengolahan data secara manual menggunakan persamaan 3.10.

$$\bar{d} = \frac{L(\mu)}{N_{tot}P} \quad (3.10)$$

Dimana  $\bar{d}$  adalah ukuran butir rata-rata ( $\mu$ ),  $L$  adalah panjang garis ( $cm$ ),  $N_{tot}$  adalah jumlah total butir yang terdapat dalam garis, dan  $P$  adalah perbandingan antara panjang garis acuan dalam  $cm$  dan  $\mu m$ . Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui ukuran butir pada keramik film tebal. Apabila ukuran butir pada ketiga sampel mengalami perubahan maka dapat dikatakan suhu *firing* berpengaruh pada keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd.

### 3.3.4.3. Analisis Pengaruh Suhu *Firing* Keramik Film Tebal terhadap Sensitivitas Sensor

Analisis pengaruh suhu *firing* keramik film tebal komposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-LaFeO}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  didoping Gd terhadap sensitivitas sensor dilakkan berdasarkan data hasil karakterisasi kelistrikan. Dari data nilai resistansi dan temperatur yang diperoleh selanjutnya diplot grafik resistansi terhadap suhu untuk melihat penurunan resistansi secara eksponensial ketika suhu operasi meningkat sebagai karakteristik semikonduktor. Nilai sensitivitas keramik film tebal dihitung menggunakan persamaan 3.11 (Murade,dkk. 2011) :

$$S = \frac{\Delta R}{R_a} \frac{[R_a - R_g]}{R_a} \quad (3.11)$$

Dimana  $S$  adalah sensitivitas sensor,  $R_g$  adalah resistansi dalam ruang etanol dinyatakan dalam ( $M\Omega$ ) dan  $R_a$  adalah resistansi dalam ruang tanpa etanol dinyatakan dalam ( $M\Omega$ ). Setelah didapatkan nilai sensitivitas selanjutnya dibuat grafik sensitivitas terhadap kenaikan suhu. Nilai sensitivitas keramik film tebal dan suhu dengan nilai sensitivitas tertinggi merupakan suhu operasi keramik film tebal. Perbedaan nilai sensitivitas ini dapat mengetahui jenis keramik film tebal.