

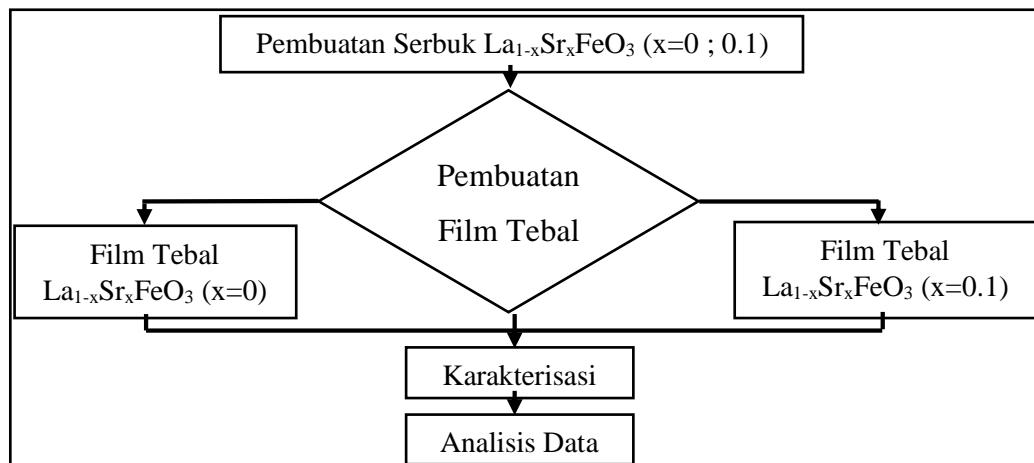
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari - Mei 2017 dan bertempat di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan - Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT - BATAN) Jl. Tamansari No. 71, Cobleng, Bandung, Jawa Barat 40132.

3.2 Desain Penelitian

Secara garis besar desain penelitian mengenai karakterisasi keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) dengan pemanfaatan Fe_2O_3 lokal untuk aplikasi sensor gas etanol ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Dalam penelitian ini sampel dibuat dalam bentuk film tebal. Sampel yang dibuat yaitu keramik film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) yang diaplikasikan untuk sensor gas etanol. Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan sensor gas etanol ini adalah serbuk $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, serbuk Fe_2O_3 yang berasal dari ekstraksi mineral yarosit, dan serbuk $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Material keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) dibuat menggunakan metode kopresipitasi yang dikeringkan pada temperatur 100°C selama 6 jam dan dikalsinasi secara bertahap yaitu tahap pertama pada temperatur

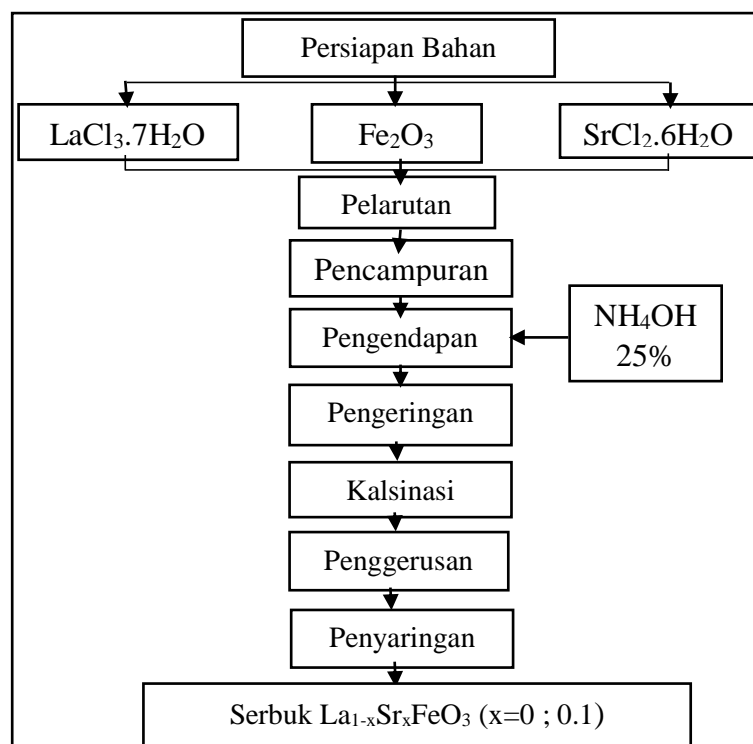
600°C selama 2 jam dan tahap kedua pada temperatur 800°C selama 3 jam. Sampel dibuat dalam bentuk film tebal dengan teknik *screen printing* yang dibakar pada temperatur 600°C selama 2 jam. Kemudian dilakukan karakterisasi struktur kristal film tebal menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), karakterisasi struktur morfologi film tebal menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan karakterisasi sifat listrik yang dilakukan di dalam ruang tanpa gas etanol (keadaan *ambient*) dan di dalam ruang berisi gas etanol.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian seperti pembuatan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$), pembuatan film tebal, karakterisasi, dan analisis data. Adapun penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

3.3.1 Pembuatan Serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$)

Tahapan pembuatan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) untuk aplikasi sensor gas etanol ini secara garis besar tersebut ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tahapan pembuatan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$).

Adapun penjelasan dari setiap langkah pada proses pembuatan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) adalah sebagai berikut:

3.3.1.1 Persiapan Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) adalah serbuk $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, serbuk Fe_2O_3 yang berasal dari ekstraksi mineral yarosit, dan serbuk $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Komposisi dari bahan dasar yang digunakan tersebut adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1

Komposisi bahan dasar serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$).

Bahan Dasar	Massa (gram)	% mol
$\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.295	50
Fe_2O_3	0.987	50

Tabel 3.2

Komposisi bahan dasar serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.1$).

Bahan Dasar	Massa (gram)	% mol
$\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.021	40
Fe_2O_3	1.086	50
$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.363	10

Fe_2O_3 yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil ekstraksi mineral yarosit yang berasal dari P.D. Kerta Pertambangan Bandung yang kemudian dianalisis di P3TM Bandung seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3 (Syarif, dkk.s 2005):



Gambar 3.3 Serbuk Fe_2O_3 hasil ekstraksi dari mineral yarosit.

Hasil analisis kimia dari mineral yarosit tersebut ditunjukkan oleh Tabel 3.3 (Syarif, dkk. 2005):

Tabel 3.3
Komposisi kimia serbuk mineral yarosit.

No.	Oksida	Kadar (%berat) (Sebelum Pengolahan)	Kadar (%berat) (Setelah Pengolahan)
1.	Fe ₂ O ₃	55.9	91.8
2.	SiO ₂	24.4	1.26
3.	Al ₂ O ₃	2.48	1.19
4.	TiO ₂	3.59	1.2
5.	CaO	0.23	0.19
6.	MnO	0.049	0.054
7.	K ₂ O	2.31	1.02
8.	Na ₂ O	3.22	2.11
9.	MgO	2.50	0.67
10.	LOI	5.31	0.506

Keterangan: LOI = Lost of Ignition

Pada tahapan persiapan bahan ini alat yang digunakan adalah seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.4.

Tabel 3.4
Alat yang digunakan dalam tahapan persiapan bahan.

No.	Alat	Fungsi
1.	Timbangan	Digunakan untuk menimbang bahan dasar agar sesuai dengan komposisi yang digunakan
2.	Spatula	Digunakan sebagai alat untuk memindahkan bahan dasar dari wadah ke permukaan timbangan
3.	Kertas timbang	Digunakan sebagai alas pada saat menimbang bahan dasar

3.3.1.2 Pelarutan

Proses pelarutan dilakukan dengan mencampurkan zat pelarut dan bahan dasar yang akan dilarutkan sambil dipanaskan pada temperatur 90°C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Proses pemanasan dilakukan agar bahan dasar dapat terlarut dengan mudah. Zat pelarut yang digunakan adalah aquades untuk serbuk LaCl₃.7H₂O dan SrCl₂.6H₂O serta HCl 10 M untuk serbuk Fe₂O₃. Komposisi aquades yang diberikan yaitu sebanyak ±200 mL untuk melarutkan LaCl₃.7H₂O dan ±100 mL untuk melarutkan SrCl₂.6H₂O sedangkan komposisi HCl

10 M yang digunakan untuk melarutkan Fe_2O_3 adalah ± 500 mL. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pelarutan ini adalah sebagai berikut:

a) Pelarutan $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



b) Pelarutan Fe_2O_3



a) Pelarutan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



Pada tahap pelarutan ini terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.5 dan Tabel 3.6.

Tabel 3.5
Alat yang digunakan dalam tahap pelarutan.

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Digunakan untuk proses pemanasan pada saat pelarutan
2.	<i>Magnetic Stirrer</i>	Digunakan sebagai pengaduk otomatis pada saat pelarutan
3.	<i>Breaker Glass 500 mL</i>	Digunakan sebagai wadah pada proses pelarutan $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
4.	<i>Breaker Glass 1000 mL</i>	Digunakan sebagai wadah pada proses pelarutan Fe_2O_3
5.	Termometer Raksa	Digunakan untuk mengecek temperatur larutan

Tabel 3.6
Bahan yang digunakan dalam tahap pelarutan.

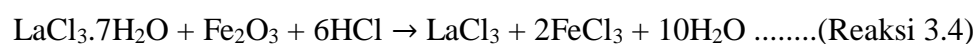
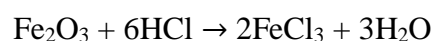
No.	Bahan	Fungsi
1.	Aquades	Digunakan sebagai zat pelarut untuk melarutkan $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
2.	HCl 10 M	Digunakan sebagai zat pelarut untuk melarutkan Fe_2O_3

3.3.1.3 Pencampuran

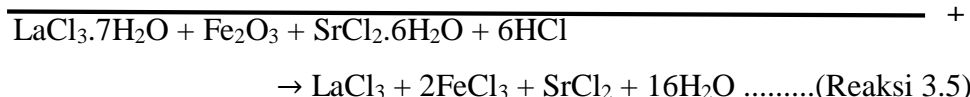
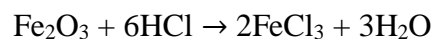
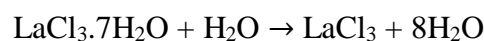
Setelah semua bahan menjadi larutan, tahapan selanjutnya adalah mencampurkan larutan sesuai dengan sampel yang dibuat yaitu keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$). Untuk keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$), larutan yang dicampurkan adalah larutan $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan larutan Fe_2O_3 sedangkan untuk

keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.1$), larutan yang dicampurkan adalah larutan $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, larutan Fe_2O_3 , dan larutan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Proses pencampuran dilakukan dengan cara dipanaskan pada temperatur 80°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* agar larutan campuran dapat menjadi larutan yang homogen dengan mudah. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pencampuran ini adalah sebagai berikut:

- a) Reaksi kimia yang terjadi pada proses pencampuran untuk sintesis



- b) Reaksi kimia yang terjadi pada proses pencampuran untuk sintesis



Pada tahap pencampuran ini terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.7.

Tabel 3.7
Alat yang digunakan dalam proses pencampuran.

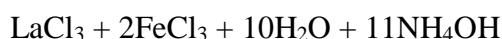
No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Digunakan untuk proses pemanasan pada saat pencampuran larutan
2.	<i>Magnetic Stirrer</i>	Digunakan sebagai pengaduk otomatis pada saat pencampuran larutan
3.	<i>Breaker Glass</i> 1000 mL	Digunakan sebagai wadah pada proses pencampuran larutan
4.	Termometer raksa	Digunakan untuk mengecek temperatur larutan

3.3.1.4 Pengendapan

Setelah larutan campuran menjadi homogen, tahapan selanjutnya adalah pengendapan. Pengendapan dilakukan dengan menambahkan amoniak hidroksida (NH_4OH) 25% pada larutan campuran yang homogen secara bertahap sambil diaduk sampai pH larutan mencapai ± 8 . Dalam penelitian ini amoniak hidroksida (NH_4OH) 25% yang ditambahkan untuk mengendapkan larutan sebanyak ± 350 mL. Setelah itu, larutan dibiarkan selama satu malam untuk kemudian diambil endapannya. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan adalah sebagai berikut:

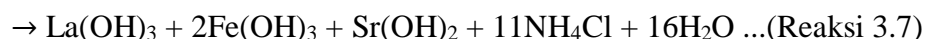
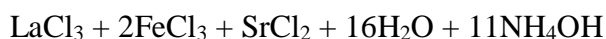
- a) Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan dalam sintesis

$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$) adalah sebagai berikut:



- b) Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan dalam sintesis

$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.1$) adalah sebagai berikut:



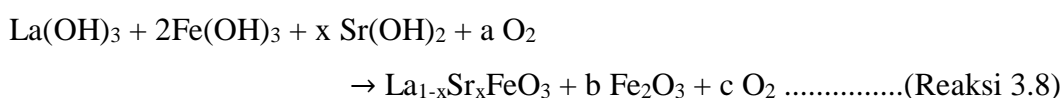
Pada tahap pengendapan ini terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.8.

Tabel 3.8
Alat yang digunakan dalam proses pengendapan.

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Digunakan untuk proses pemanasan pada saat pengendapan
2.	Batang Pengaduk	Digunakan sebagai pengaduk pada proses pengendapan
3.	<i>Breaker Glass</i> 1000 mL	Digunakan sebagai wadah pada proses pengendapan
4.	Pipet tetes	Digunakan untuk menambahkan NH_4OH 25% secara berkala
5.	Termometer raksa	Digunakan untuk mengecek temperatur larutan
6.	pH meter	Digunakan untuk mengecek pH larutan pada saat penambahan NH_4OH 25%

3.3.1.5 Pengeringan dan Kalsinasi

Hasil endapan yang diperoleh pada proses sebelumnya kemudian dikenai proses pengeringan dan kalsinasi. Proses pengeringan dilakukan pada temperatur 100°C selama 6 jam. Proses pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan air pada endapan. Selanjutnya, endapan dikenai proses kalsinasi secara bertahap yaitu tahap pertama pada temperatur 600°C selama 2 jam dan tahap kedua pada temperatur 800°C selama 3 jam. Proses kalsinasi ini dilakukan sebagai proses awal dalam penyiapan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) yang bertujuan untuk membentuk fase kristal dari serbuk tersebut. Reaksi kimia yang terjadi pada proses kalsinasi adalah sebagai berikut:



Setelah melalui proses pengeringan dan kalsinasi serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) yang dihasilkan pada penelitian ini sebanyak 1.56 gram untuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$) dan sebanyak 1.72 gram untuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.1$). Pada proses pengeringan dan kalsinasi ini, alat yang digunakan yaitu tungku pemanas.

3.3.1.6 Penggerusan dan Penyaringan

Proses penggerusan dilakukan selama 1 jam sehingga didapatkan ukuran butiran yang halus dan ukuran butir yang lebih kecil pada serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1). Setelah melalui proses penggerusan, serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran butir yang optimal dan seragam. Setelah dilakukan proses penggerusan dan penyaringan massa serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$) yang dihasilkan berkurang menjadi 1.37 gram sedangkan serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.1$) menjadi 1.55 gram.

Alat yang digunakan pada proses penggerusan dan penyaringan ditunjukkan oleh Tabel 3.9.

Tabel 3.9

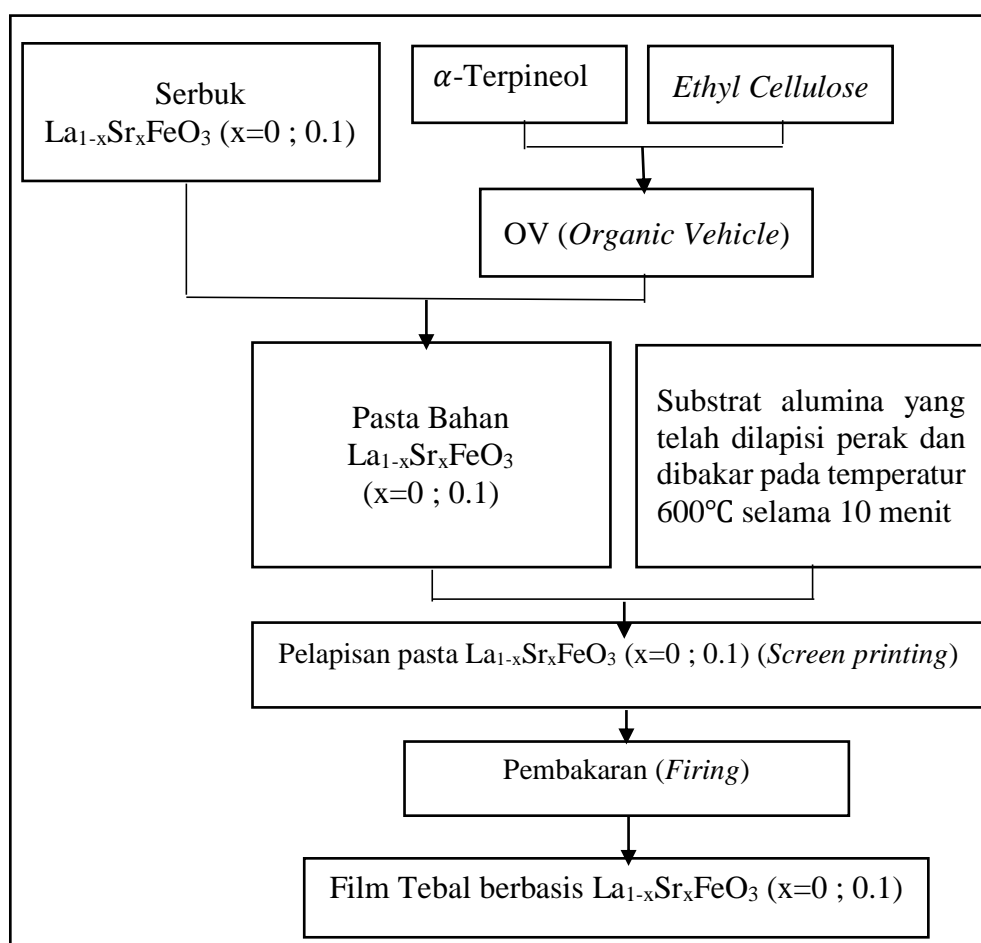
Alat yang digunakan dalam proses penggerusan dan penyaringan.

No.	Alat	Fungsi
1.	Mortar Alu	Digunakan untuk menggerus serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) hasil kalsinasi

No.	Alat	Fungsi
2.	Saringan berukuran 100 mesh	Digunakan untuk menyaring serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) agar mempunyai ukuran butir yang seragam
3.	Wadah sampel	Digunakan sebagai wadah untuk serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) hasil penyaringan

3.3.2 Pembuatan Film Tebal

Pembuatan film tebal dilakukan menggunakan teknik *screen printing*. Langkah-langkah pembuatan film tebal secara garis besar ditunjukkan oleh Gambar 3.4.

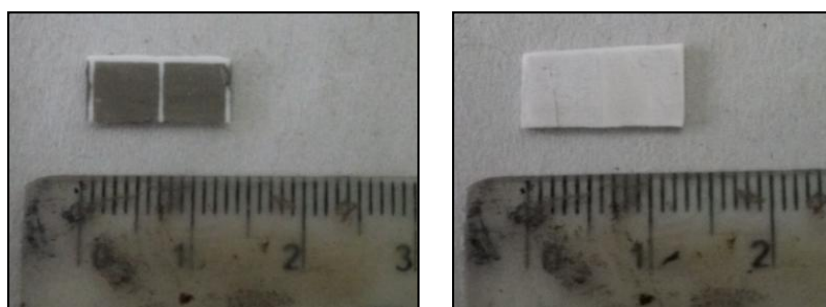


Gambar 3.4 Tahapan pembuatan film tebal

Adapun penjelasan dari setiap langkah pada proses pembuatan film tebal adalah sebagai berikut:

3.3.2.1 Pelapisan Perak Pada Substrat Alumina

Pelapisan perak pada substrat alumina dilakukan untuk mengetahui karakteristik sifat listrik dari keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) yang dibuat dalam bentuk film tebal. Lapisan perak tersebut berfungsi sebagai kontak ohmik sehingga resistansi film tebal yang dibuat dapat diukur. Setelah perak dilapiskan, kemudian substrat alumina tersebut dibakar pada temperatur 600°C selama 10 menit dengan tujuan agar perak melekat dengan kuat pada substrat seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.5



Gambar 3.5 Substrat alumina yang telah dilapisi perak.

Dalam proses pelapisan perak pada substrat alumina ini terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.10.

Tabel 3.10
Alat yang digunakan dalam proses pelapisan perak.

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Screen T120</i>	Digunakan sebagai alat untuk melapiskan perak agar tersebar merata dengan ukuran yang seragam
2.	Rakel	Digunakan untuk menyapukan perak pada proses pelapisan
3.	<i>Double Tip</i>	Digunakan untuk merekatkan substrat agar tidak mudah bergerak ketika dilapisi perak

Sedangkan bahan yang digunakan dalam proses pelapisan perak pada substrat alumina adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11
Bahan yang digunakan dalam proses pelapisan perak.

No.	Bahan	Fungsi
1.	Substrat Alumina	Digunakan sebagai bahan utama pada pembuatan film tebal
2.	Pasta perak	Digunakan kontak ohmik sehingga resistansi film tebal yang dibuat dapat diukur
3.	Alkohol	Digunakan untuk membersihkan substrat sebelum dilapisi perak

3.3.2.2 Pembuatan Pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1)

Pembuatan pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk dan *organic vehicle* (OV). Pencampuran serbuk dan OV dilakukan dengan perbandingan 70% wt: 30% wt. OV sendiri terbuat dari campuran α –Terpineol dan *ethyl cellulose* dengan perbandingan 90% wt: 10% wt. Setelah didapatkan pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) kemudian pasta tersebut didiamkan selama \pm 24 jam agar pasta siap digunakan. OV yang ditambahkan pada serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) adalah sebanyak:

- a) Serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$)

$$\frac{100}{70} \times 1.37 \text{ gram} = 1.96 \text{ gram}$$

sehingga banyaknya OV yang ditambahkan adalah:

$$1.96 \text{ gram} - 1.37 \text{ gram} = 0.59 \text{ gram}$$

- b) serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.1$)

$$\frac{100}{70} \times 1.55 \text{ gram} = 2.21 \text{ gram}$$

sehingga banyaknya OV yang ditambahkan adalah:

$$2.21 \text{ gram} - 1.55 \text{ gram} = 0.66 \text{ gram}$$

Pada proses pembuatan pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) ini terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.12.

Tabel 3.12

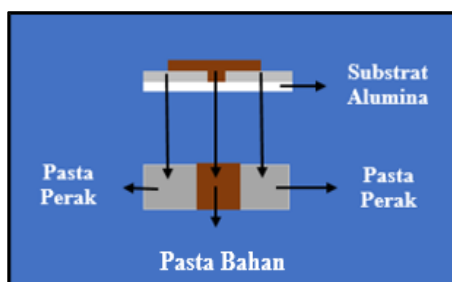
Alat yang digunakan dalam pembuatan pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1).

No.	Alat	Fungsi
1.	Timbangan	Digunakan untuk menimbang serbuk $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1), <i>ethyl cellulose</i> , dan α –Terpineol agar sesuai dengan komposisi
2.	Spatula	Digunakan untuk memindahkan bahan ke timbangan

- | | |
|--------------------|--|
| 3. Batang pengaduk | Digunakan untuk mengaduk campuran serbuk dan OV sampai terbentuk pasta |
| 4. Wadah sampel | Digunakan sebagai wadah dalam proses pembuatan pasta |

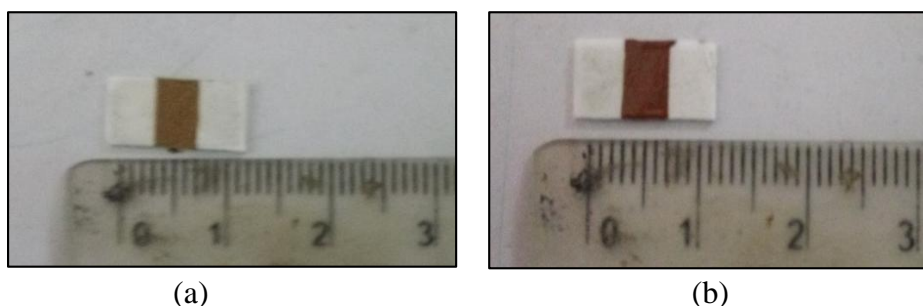
3.3.2.3 Pelapisan Pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1)

Setelah pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) siap digunakan, film tebal dibuat dengan teknik *screen printing*. Pelapisan pasta dilakukan dengan menyapukan pasta di atas substrat yang telah dilapisi perak sampai hasil *printing* yang dihasilkan baik. Hasil *printing* dikatakan baik apabila hasil *printing* memiliki permukaan yang rata atau memiliki tebal yang seragam. Desain dari film tebal yang dibuat ditunjukkan oleh Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Desain keramik film tebal.

Sedangkan film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) yang dibuat ditunjukkan oleh Gambar 3.7



(a) (b)
Gambar 3.7 Film tebal $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ (a) $x=0$ (b) $x=0.1$

Pada proses pelapisan pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) ini terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.13.

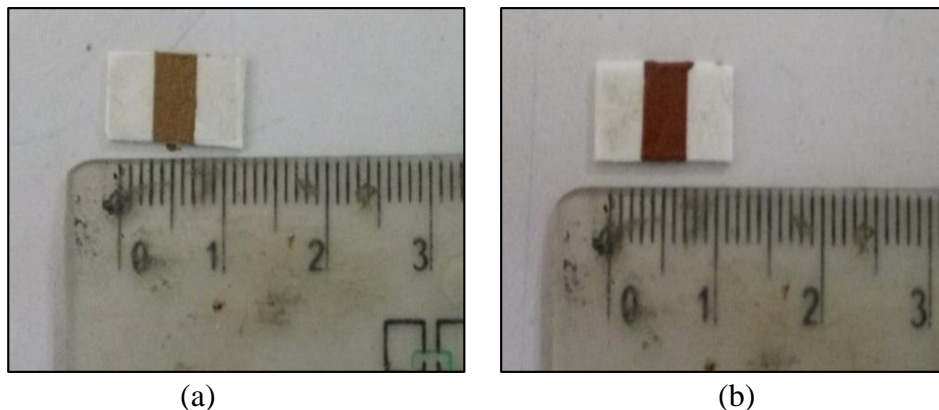
Tabel 3.13

Alat yang digunakan dalam proses pelapisan pasta $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$)

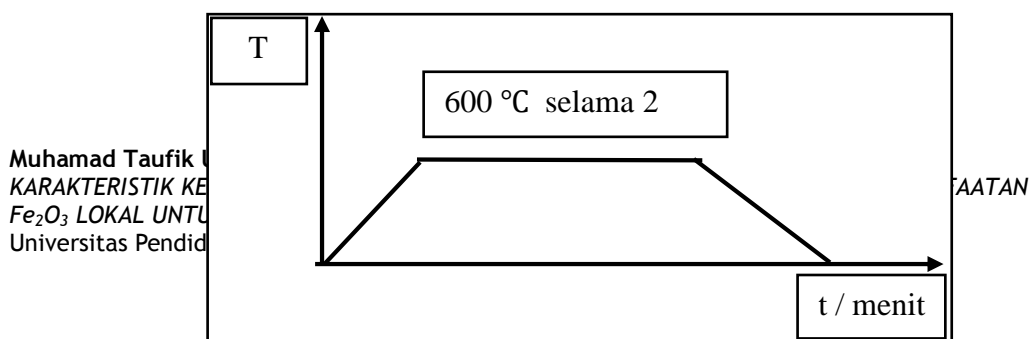
No.	Alat	Fungsi
1.	Screen T90	Digunakan sebagai alat untuk melapiskan pasta bahan agar tersebar merata dengan ukuran yang seragam
2.	Rakel	Digunakan untuk menyapukan pasta bahan pada proses pelapisan
3.	Double Tip	Digunakan untuk merekatkan substrat agar tidak mudah bergerak ketika dilapisi pasta bahan

3.3.2.4 Pembakaran

Film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) yang telah dibuat kemudian dibakar pada temperatur 600°C selama 2 jam. Temperatur pembakaran dipilih dibawah temperatur leleh bahan. Tujuan dari proses pembakaran ini adalah untuk memadatkan pasta bahan yang dilapiskan pada substrat alumina yang telah dilapisi perak sehingga pasta bahan menjadi lebih padat dan keras serta menempel dengan sempurna diatas substrat. Proses pembakaran ini dilakukan dengan menggunakan tungku pembakaran. Film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) setelah dibakar pada temperatur 600°C selama 2 jam ditunjukkan oleh Gambar 3.8

Gambar 3.8 Film tebal $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ setelah dibakar (a) $x=0$ (b) $x=0.1$

Sedangkan pola pembakaran dari keramik film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) ditunjukkan oleh Gambar 3.9



Gambar 3.9 Pola pembakaran keramik film tebal $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1)

Proses pembakaran (*firing*) ini dilakukan dengan menggunakan tungku pemanas.

3.3.3 Proses Karakterisasi

Film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui struktur kristal, struktur morfologi dan sifat listriknya. Penjelasan dari setiap proses karakterisasi tersebut adalah sebagai berikut:

3.3.3.1 Karakterisasi Struktur Kristal

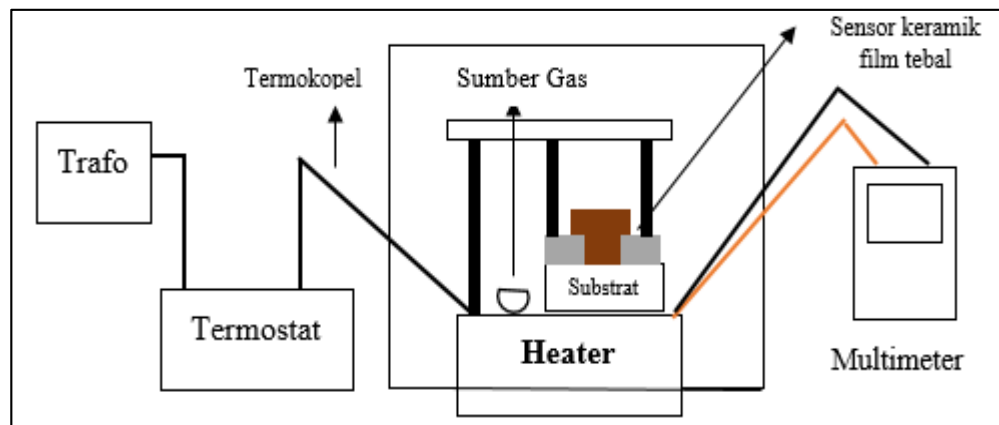
Karakterisasi struktur kristal merupakan suatu teknik karakterisasi yang dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari suatu material. Dalam penelitian ini material yang ingin diketahui struktur kristalnya adalah material keramik yang dibuat dalam bentuk film tebal. Adapun material tersebut yaitu keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) yang dikalsinasi secara bertahap yaitu tahap pertama pada temperatur 600°C selama 2 jam dan tahap kedua pada temperatur 800°C selama 3 jam yang kemudian ditumbuhkan diatas substrat alumina dan dibakar pada temperatur 600°C selama 2 jam. Film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) ini dikarakterisasi dengan cara ditembakkan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sebesar $\text{Cu K}\alpha 1 = 1.5406 \times 10^{-10}$ m. Alat karakterisasi yang digunakan adalah *X-Ray Diffractometer* merk PANanalytical X'Pert Pro Seri PW3040/x0 X'Pert Pro. Dalam penelitian ini karakterisasi struktur kristal dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) bagian Laboratorium Pusat Survei Geologi yang berlokasi di Jl. Dr. Djunjunan No. 236, Pasteur, Husen Sastranegara, Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat 40174.

3.3.3.2 Karakterisasi Struktur Morfologi

Karakterisasi struktur morfologi dilakukan untuk mengetahui gambaran morfologi dari suatu material. Dalam penelitian ini material yang ingin diketahui gambaran morfologinya adalah material keramik yang dibuat dalam bentuk film tebal. Adapun material tersebut yaitu keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) yang dikalsinasi secara bertahap yaitu tahap pertama pada temperatur 600°C selama 2 jam dan tahap kedua pada temperatur 800°C selama 3 jam yang kemudian ditumbuhkan diatas substrat alumina dan dibakar pada temperatur 600°C selama 2 jam. Hasil karakterisasi struktur morfologi berupa citra morfologi permukaan dengan perbesaran tertentu. Dari citra morfologi permukaan tersebut dapat diamati ukuran butir suatu material. Alat karakterisasi yang digunakan yaitu *Analysis Scanning Electron Microscopy JEOL JSM – 6360LA*. 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. Djunjunan No. 236, Pasteur, Husen Sastranegara, Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat 40174.

3.3.3.3 Karakterisasi Sifat Listrik

Karakterisasi sifat listrik dilakukan untuk mengetahui sifat kelistrikan dari suatu material. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kelistrikan dari material keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) yang diaplikasikan untuk sensor gas etanol. Karakterisasi sifat listrik ini dilakukan dengan mengukur hambatan atau resistansi (R) tiap perubahan temperatur 5°C dalam keadaan *ambient* (tanpa gas etanol) dan di dalam ruang yang berisi gas etanol 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Alat karakterisasi yang digunakan yaitu satu set gas chamber. Hasil dari karakterisasi sifat listrik ini berupa sensitivitas dan temperatur operasi. Hasil tersebut dapat dijadikan sebagai ukuran kelayakan sensor gas etanol yang dibuat untuk difabrikasi. Karakterisasi sifat listrik 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 pengujian karakterisasi sifat listrik dari keramik film tebal berbasis $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) diperlihatkan pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Skema pengujian karakterisasi sifat listrik.

3.3.4 Analisis Data

Setelah melakukan proses karakterisasi, proses selanjutnya adalah analisis data hasil karakterisasi. Analisis data dilakukan guna mendapatkan kesimpulan yang sesuai dengan permasalahan dalam penelitian ini. Penjelasan dari proses analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.3.4.1 Penentuan Struktur Kristal, Parameter Kisi, dan Perhitungan Ukuran Kristalit

Struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristalit diketahui setelah melakukan analisis terhadap data hasil karakterisasi struktur kristal. Dalam penelitian ini analisis data dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristalit dari keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) yang diaplikasikan untuk sensor gas etanol. Struktur kristal diketahui dengan melakukan pencocokan hasil karakterisasi dengan JCPDS (*Joint Committee of Powder Diffraction Standard*) menggunakan *software Match! 3*. Dari hasil pencocokan tersebut maka akan diketahui puncak-puncak hasil difraksi. Puncak-puncak tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai indeks miller (hkl) dan parameter kisi dari keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$). Suatu kristal memiliki banyak bidang hkl . Tiap bidang hkl mempunyai jarak d_{hkl} tertentu tergantung dari parameter kisi dan strukturnya. Adapun hubungan antara parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl yang sesuai dengan struktur kristalnya adalah seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.14 (Hidayati, 1995):

Tabel 3.14
Hubungan parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl.

Struktur kristal	Hubungan parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl
Kubik	$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$
Tetragonal	$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}$
Heksagonal	$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{4h^2 + hk^2 + k^2}{3a^2} + \frac{l^2}{c^2}$
Ortorombik	$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$

Sedangkan untuk menghitung ukuran kristalit dapat digunakan persamaan *Debye-Scherrer* yang ditunjukkan oleh persamaan 3.1 (Murade, dkk. 2010):

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

dengan,

- D : Ukuran kristalit
 K : Konstanta *shape factor* (0.9)
 λ : Panjang gelombang sinar-X
 B : nilai FWHM (rad)
 θ : Sudut Bragg

3.3.4.2 Perhitungan Ukuran Butir

Struktur morfologi diketahui setelah melakukan analisis terhadap data hasil karakterisasi struktur morfologi. Dalam penelitian ini analisis data dilakukan untuk mengetahui ukuran butir dari keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0$; 0.1) yang diaplikasikan untuk sensor gas etanol. Analisis struktur morfologi dilakukan dengan mengamati citra permukaan film tebal hasil karakterisasi. Dari citra morfologi tersebut dipilih ± 20 butir dengan kontras baik kemudian diukur diameter tiap butirnya. Ukuran

butir yang ditetapkan sebagai ukuran butir keramik $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$) adalah ukuran butir rata-rata dari ± 20 butir yang telah diukur diameternya.

3.3.4.3 Perhitungan Sensitivitas Sensor Gas Etanol Berbasis Keramik Film

Tebal $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ ($x=0 ; 0.1$)

Nilai sensitivitas diketahui setelah melakukan analisis terhadap data hasil karakterisasi sifat listrik. Data yang didapatkan dari karakterisasi sifat listrik adalah data hambatan setiap kenaikan temperatur. Nilai sensitivitas dihitung menggunakan persamaan 3.3 (Murade, dkk. 2010):

$$S = \frac{\Delta R}{R_a} = \frac{|R_a - R_g|}{R_a} \quad 3.2$$

dengan,

S : Sensitivitas

R_a : Resistansi sensor gas pada keadaan normal (tanpa gas etanol)

R_g : Resistansi sensor gas di dalam ruang berisi gas etanol

Hasil perhitungan tersebut kemudian ditunjukkan dalam bentuk grafik hubungan antara sensitivitas terhadap temperatur. Nilai sensitivitas tertinggi pada grafik merupakan sensitivitas dari sensor gas yang dibuat sedangkan temperatur yang memberikan nilai sensitivitas paling tinggi merupakan temperatur operasi dari sensor gas yang dibuat.