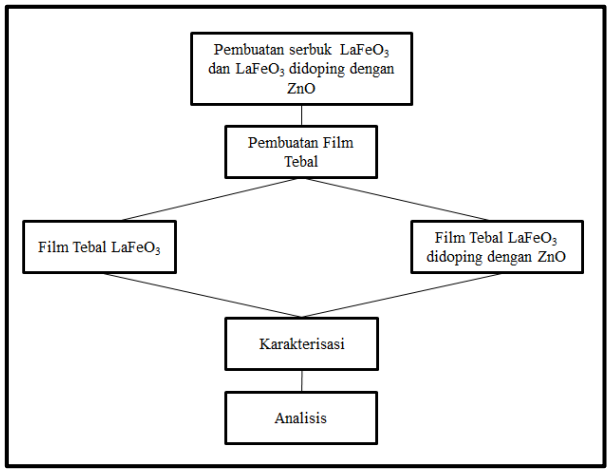
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

1.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Juli 2019 yang bertempat di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT – BATAN) Jalan Tamansari Nomor 71 Bandung.

1.2 Desain Penelitian

Pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO untuk aplikasi sensor gas etanol secara garis besar ditunjukkan Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Desain penelitian pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Dalam pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO yang dilakukan pertama adalah pembuatan serbuk keramik dari beberapa bahan dasar. Bahan dasar yang digunakan yaitu serbuk $LaCl_3.7H_2O$, serbuk Fe_2O_3 yang berasal

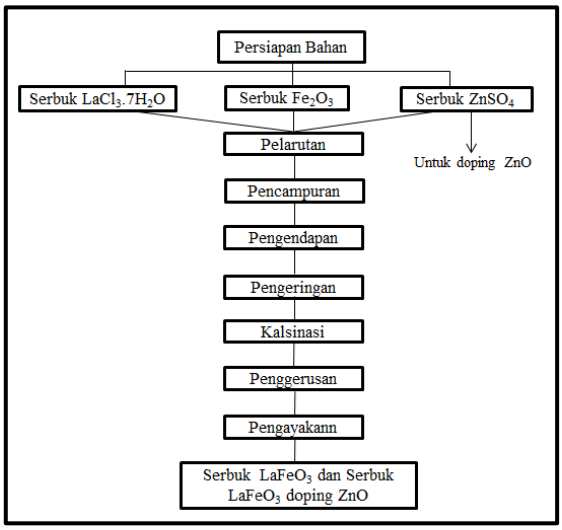
dari ekstrasi mineral yarosit, dan serbuk $ZnSO_4$. Pembuatan serbuk $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dilakukan menggunakan metode kopresipitasi melalui proses pelarutan hingga pengendapan. Kemudian serbuk $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO tersebut diolah menjadi pasta keramik yang kemudian dilapiskan pada sebuah substrat alumina dengan menggunakan teknik *screen printing*. Setelah itu dilakukan pengujian karakterisasi berupa *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Sifat Listrik pada ruang berisi gas etanol dan ruang tanpa gas etanol.

1.3 Tahapan Penelitian

Pada pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dimulai dari pembuatan serbuk, $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO, pembuatan film tebal, karakterisasi, dan analisis. Adapun penjelasan masing-masing tahapan adalah sebagai berikut :

1.3.1 Pembuatan Serbuk $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang Didoping dengan ZnO

Pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan, dimulai dari komposisi serbuk yang digunakan, teknik pelarutan, pencampuran, pengendapan, pembakaran, kalsinasi, penggerusan, dan pengayakan.



Gambar 3. 2 Tahapan pembuatan serbuk $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

Adapun penjelasan dari masing-masing tahapan pembuatan serbuk $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO adalah sebagai berikut :

1.3.1.1 Persiapan Bahan

Bahan dasar pada pembuatan serbuk $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO adalah $LaCl_3.7H_2O$, serbuk Fe_2O_3 yang berasal dari ekstrasi mineral yarosit, dan serbuk $ZnSO_4$. Adapun komposisi dari bahan tersebut adalah seperti yang ditunjukkan Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3. 1

Komposisi bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan serbuk $LaFeO_3$

Bahan	%mol	Berat (gram)
$LaCl_3.7H_2O$	50	6,11925604
Fe_2O_3	50	1,31573

Tabel 3. 2

Komposisi bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan serbuk $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

Bahan	**%mol**	**Berat (gram)**
$LaCl_3.7H_2O$	50	6,12914326
Fe_2O_3	49,5	1,304677
$ZnSO_4$	0,5	0,02373

Adapun alat yang digunakan pada tahapan persiapan adalah seperti yang ditunjukkan Tabel 3.3.

Tabel 3. 3

Alat yang digunakan dalam tahapan persiapan bahan

No.	**Alat**	**Fungsi**
1.	Timbangan digital	Untuk menimbang bahan dasar agar sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan
2.	Spatula	Untuk memindahkan bahan dasar pada kertas timbang yang telah diletakan diatas timbangan digital
3.	Kertas timbang	Untuk alas bahan dasar pada saat menimbang

1.3.1.2 Pelarutan

Setelah bahan dasar dari serbuk $LaCl_3.7H_2O$, Fe_2O_3 dan $ZnSO_4$ ditimbang selanjutnya dilakukan proses pelarutan dengan mencampurkan bahan dasar dan zat pelarutnya. Zat pelarut yang digunakan adalah aquades untuk melarutkan $LaCl_3.7H_2O$ dan HCl 2 M untuk melarutkan Fe_2O_3 dan $ZnSO_4$. Larutan $LaCl_3.7H_2O$ dilarutkan

selama 6 jam tanpa suhu. Proses pelarutan menggunakan alat *magnetik stirrer* yang ditunjukkan Gambar 3.4.

(a)

(b)

(c)

Gambar 3. 3 Proses pelarutan (a) $LaCl_3.7H_2O$; (b) Fe_2O_3; dan (c) $ZnSO_4$

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pelarutan adalah sebagai berikut :

a. Pelarutan $LaCl_3.7H_2O$

$$LaCl_3.7H_2O_{(s)} + H_2O_{(aq)} \rightarrow LaCl_{3(aq)} + 8H_2O_{(l)} \qquad (3.1)$$

b. Pelarutan Fe_2O_3

$$Fe_2O_{3(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2FeCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)} \qquad (3.2)$$

c. Pelarutan ZnO

$$ZnO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \qquad (3.3)$$

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada tahapan pelarutan ini adalah seperti yang ditunjukkan Tabel 3.4 dan 3.5.

Tabel 3. 4

Alat yang digunakan pada tahapan pelarutan

No	Alat	Fungsi
1.	*Magnetic stirrer*	Untuk mengaduk dan memanaskan bahan material yang akan dilarutkan
2.	*Beaker glass* 100 mill	Untuk wadah pelarutan bahan material

Tabel 3. 5

Bahan yang digunakan pada proses pelarutan

No	Bahan	Fungsi
1.	Aquades	Sebagai zat pelarut $LaCl_3.7H_2O$
2.	HCl	Sebagai zat pelarut Fe_2O_3 dan $ZnSO_4$

1.3.1.3 Pencampuran dan Pengendapan

Setelah semua bahan terlarut selanjutnya dilakukan proses pencampuran untuk ketiga bahan dasar. Pencampuran dilakukan dalam sebuah *galss beakker* berukuran 300 mill lalu diaduk dengan menggunakan alat *magnetic strirre* dengan temperatur 80℃ selama 1 jam. Setelah itu tambahkan cairan amoniak pada campuran larutan sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan batang *magnetic strirre*. Pemberian cairan amoniak ditambahkan hingga campuran larutan mengalami perubahan warna menjadi coklat pekat dan mencapai pH 8-9. Selanjutnya campuran larutan tersebut didiamkan selama satu malam tujuannya agar memunculkan endapan pada larutan campuran.

(a)

(b)

(c)

(d)

Gambar 3. 4 (a) proses pencampuran; (b) pencampuran pemberian NH_4OH ;(c) proses pengendapan dan (d) proses penyaringan

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pencampuran ditunjukkan sebagai berikut :

$$LaCl_3.7H_2O_{(s)} + H_2O_{(aq)} \rightarrow LaCl_{3(aq)} + 8H_2O_{(l)}$$

$$Fe_2O_{3(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2FeCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$ZnO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \quad +$$

$$LaCl_3.7H_2O_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} + ZnO_{(s)} + H_2O_{(aq)} + 8HCl_{(aq)} \rightarrow LaCl_{3(aq)} + 2FeCl_{3(aq)} + ZnCl_{2(aq)} + 11\ H_2O_{(l)} \quad (3.4)$$

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan ditunjukkan sebagai berikut :

a. Pengendapan $LaFeO_3$

$LaCl_3 + 2FeCl_3 + 11H_2O + 9NH_4OH \rightarrow La(OH)_3 + 2Fe(OH)_3 + 9NH_4Cl + 11H_2O$ (3.5)

b. Pengendapan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

$LaCl_3 + 2FeCl_3 + ZnO + 6HCl + 11H_2O + NH_4O \rightarrow La(OH)_3 + 2\ Al(OH)_3 + 2Fe(OH)_3 + 15\ NH_4Cl + 14\ H_2O$ (3.6)

Adapun alat yang digunakan pada tahapan pencampuran dan pengendapan ini adalah seperti yang ditunjukkan Tabel 3.6.

Tabel 3. 6

Alat pada tahapan pencampuran dan pengendapan

No	Alat	Fungsi
1.	*Magnetik stirrer* dan batang pengaduk	Untuk mengaduk campuran larutan yang dilarutkan dengan cara dipanaskan.
2.	*Glass beakker 500 mill*	Untuk wadah dalam proses pencampuran sekaligus pengendapan pada larutan campuran.
3.	pH meter	Untuk mengukur pH endapan.

1.3.1.4 Pengeringan dan Kalsinasi

Setelah melalui proses pengendapan selama satu malam selanjutnya endapan yang terbentuk dipisahkan dari cairan amoniak dengan cara disaring menggunakan kertas saring. Setelah endapan tersaring selanjutnya sampel tersebut ditempatkan dalam cawan kemudian memasuki proses pembakaran menggunakan alat *furnice* dengan temperatur 100℃ selama 6 jam. Setelah melalui proses pembakaran selanjutnya dilakukan proses kalsinasi menggunakan alat *furnice* dengan temperatur 800℃ selama 6 jam.

(a)

(b)

Gambar 3. 5 Hasil pengeringan (a) tanpa doping dan (b) dengan doping ZnO

(a)

(b)

Gambar 3. 6 Hasil kalsinasi (a) tanpa doping dan (b) dengan doping ZnO

Adapun alat yang digunakan pada tahap pengeringan dan kalsinasi seperti yang ditunjukkan Tabel 3.7.

Tabel 3. 7

Alat yang digunakan pada tahapan pengeringan dan kalsinasi

No	Alat	Fungsi
1.	*Furnice*	Untuk memanaskan endapan hingga menjadi kering sehingga mengurangi kadar air.
2.	Cawan 150 mill	Untuk wadah endapan yang akan dikeringkan kemudian dikalsinasi.

1.3.1.5 Penggerusan dan Pengayakan

Setelah melalui proses pengeringan dan kalsinasi selanjutnya hasil endapan tersebut digerus dengan menggunakan alat mortar dan alu tujuannya agar menjadi serbuk yang lebih halus. Setelah itu serbuk yang telah digerus kemudian diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh.

(a)

(b)

Gambar 3. 7 Proses penggerusan (a) tanpa doping dan (b) didoping dengan ZnO

(a)

(b)

Gambar 3. 8 Pengayakan (a) tanpa doping (b) didoping dengan ZnO

Adapun alat yang digunakan pada tahap pengeringan dan kalsinasi seperti yang ditunjukkan Tabel 3.8.

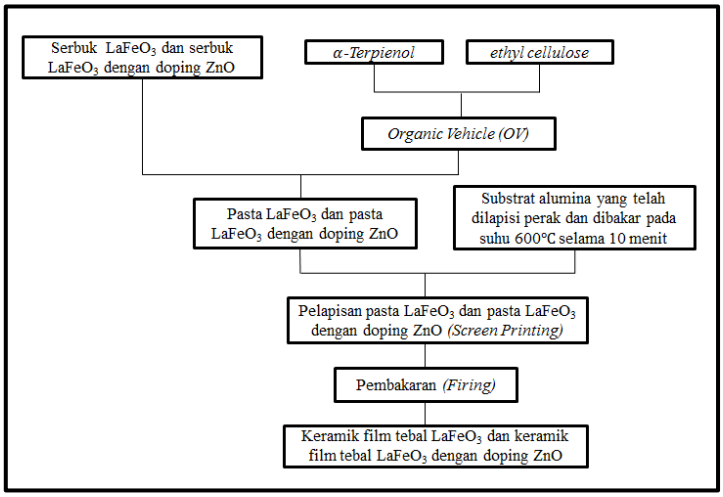
Tabel 3. 8

Alat pada tahapan penggerusan dan pengayakan

No	Alat	Fungsi
1.	*Mortar dan alu*	Untuk menggerus sampel yang telah di kalsinasi
2.	Spatula	Untuk memindahkan sampel yang telah digerus ke dalam wadah sampel
3.	Saringan *100 mesh*	Untuk menyaring sampel yang telah digerus.
4.	Wadah sampel	Untuk menyimpan serbuk yang telah halus

1.3.2 Pembuatan Keramik Film Tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang Didoping dengan ZnO

Secara garis besar pembuatan keramik film tebal berbasis $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ didoping dengan ZnO ditunjukkan Gambar 3.9.

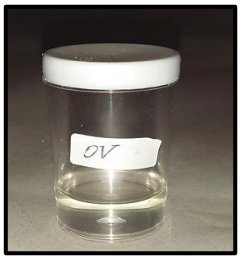


Gambar 3. 9 Tahapan pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

Adapun penjelasan dari setiap tahapan pembuatan keramik film tebal $LaFeO_3$ dan keramik film tebal $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO adalah sebagai berikut :

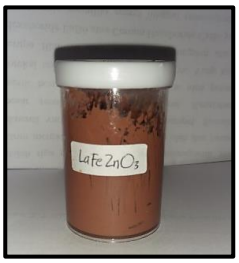
3.3.2.1Pembuatan Pasta $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang Didoping dengan ZnO

Pembuatan pasta $LaFeO_3$ dan pasta $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO yaitu dengan cara mencampurkan serbuk sampel dan *Organic Vehicle (OV). Organic vehicle* terbuat dari senyawa *α-Terpienol* dan *ethyl cellulose* dengan konsentrasi masing-masing 90% dan 10% misalnya untuk mendapatkan *OV* 1 gram maka dapat dilakukan pencampuran *Terpienol* sebanyak 0,9 serta 0,1 gram *ethyl cellulose*. Pencampuran senyawa *α-Terpienol* dan *ethyl cellulose* dilakukan dengan cara diaduk menggunakan spatula hingga homogen dan menghasilkan warna bening.



Gambar 3. 10 *Organic Vehicle*

Pembuatan pasta keramik $LaFeO_3$ dan pasta keramik $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk sampel dan *OV*. Pencampuran serbuk sampel dan *OV* dilakukan dengan perbandingan 70% dan 30%. Proses pencampuran serbuk sampel dan *OV* dilakukan dengan cara diaduk menggunakan spatula selama satu jam. Setelah serbuk sampel dan *OV* tercampur merata hingga menjadi pasta lalu didiamkan selama satu hari untuk kemudian siap digunakan. Berikut tampilan pasta keramik $LaFeO_3$ dan pasta keramik $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO ditunjukkan Gambar 3.12.



(a) (b)

Gambar 3. 11 Pasta keramik (a) $LaFeO_3$ dan (b) $LaFeO_3$ didoping dengan ZnO

Adapun alat yang digunakan pada tahapan pembuatan *organic vehicle* dengan pasta keramik $LaFeO_3$ dan pasta keramik $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO seperti yang ditunjukkan Tabel 3.9.

Tabel 3. 9

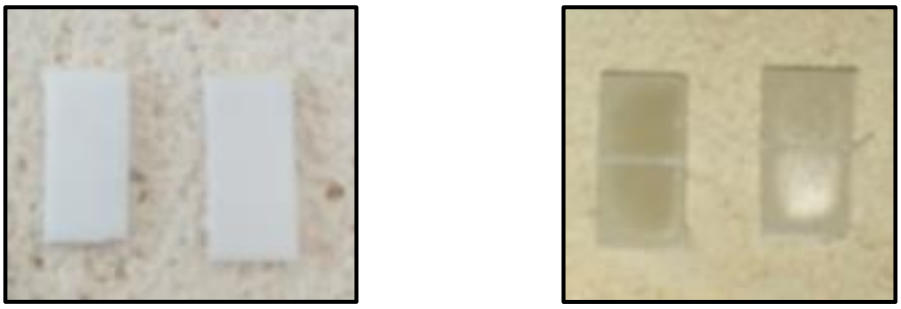
Alat yang digunakan pada tahapan pembuatan *OV* dan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ didoping dengan ZnO

No	Alat	Fungsi
1.	Timbangan digital	Untuk menimbang bahan yang diperlukan pada pembuatan *organic vehicle* dan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ didoping dengan ZnO sesuai dengan perhitungan.
2.	Spatula	Untuk memindahkan bahan ketika akan ditimbang dan dipindahkan ke dalam wadah sampel.
3.	Wadah sampel	Untuk menyimpan *organic vehicle* dan pasta yang telah dibuat.

3.3.2.2Pelapisan Pasta Perak pada Substrat Alumina

Pelapisan pasta perak pada substrat alumina dilakukan menggunakan teknik screen printing. Tujuan pelapisan pasta perak untuk mengetahui karakteristik sifat listrik dari keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dalam bentuk film tebal sebagai fungsi kontak ohmik agar resistansi film tebal yang dibuat dapat

diukur. Setelah dilakukan pelapisan pasta perak selanjutnya substrat alumina tersebut dibakar pada temperatur 600℃ selama 10 menit tujuannya agar perak melekat dengan kuat pada substrat seperti yang ditunjukkan Gambar 3.13.



(a) (b)

Gambar 3. 12 Substrat alumina (a) sebelum dilapisi peran dan (b) setelah dilapisi perak

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada proses pelapisan pasta perak pada substrat alumina yang ditunjukkan Tabel 3.10 dan 3.11.

Tabel 3. 10

Alat yang digunakan pada tahapan pelapisan perak

No.	Alat	Fungsi
1.	Spatula	Untuk melapiskan pasta perak pada permukaan substrat.
2.	*Double tip*	Untuk memposisikan susbstrat agar tidak mudah bergeser
3.	*Screen*	Untuk mencetak pasta perak diatas substrat
4.	Rakel	Untuk menyapu pasta pada permukaan *screen*

Tabel 3. 11

Bahan yang digunakan pada tahapan pelapisan perak

No.	Bahan	Fungsi
1.	Substrat alumina	Media untuk melapisi pasta perak.
2.	Pasta perak	Kontak ohmik
3.	Aseton	Untuk membersihkan alat *screen printing*

3.3.2.3Pelapisan Pasta $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang Didoping dengan ZnO

Pelapisan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dilakukan dengan teknik *screen printing*. Proses pelapisan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dilakukan dengan menyapukan pasta keramik diatas substrat alumina yang telah dilapisi perak. Adapun hasil pelapisan pasta keramik seperti yang ditunjukkan Gambar 3.14.

(a)

(b)

Gambar 3. 13 Hasil Pelapisan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada proses pelapisan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO seperti yang ditunjukkan Tabel 3.12.

Tabel 3. 12

Alat yang digunakan pada tahapan 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.	*Screen printing*	Untuk mencetak pasta perak diatas substrat
4.	Rakel	Untuk menyapu pasta pada permukaan *screen*

3.3.2.4Pembakaran

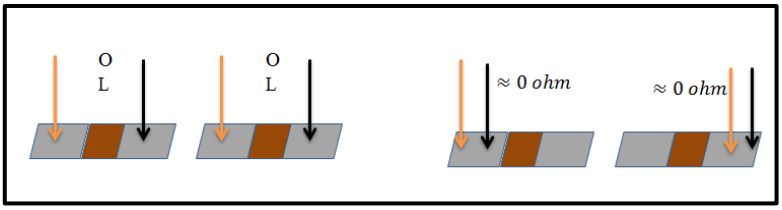
Proses pembakaran dilakukan dua kali yaitu pada saat pelapisan perak dengan suhu 600℃ selama 10 menit dan pada saat pelapisan pasta keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO pada temperatur 600℃ selama 2 jam. Tujuan dari proses pembakaran ini untuk memadatkan pasta keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO pada substrat alumina yang telah dilapisi perak, sehingga pasta menjadi lebih padat dan keras serta menempel dengan kuat diatas substrat.

(a)

(b)

Gambar 3. 14 Hasil pembakaran keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO

Setelah keramik film tebal melalui proses pembakaran selanjutnya dilakukan pengecekan nilai resistansi menggunakan alat multimeter sesuai dengan ilustrasi Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Pengukuran resistansi antar lapisan perak dan salah satu lapisan perak pada keramik film tebal

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada proses pembakaran pasta $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO seperti yang ditunjukkan Tabel 3.13

Tabel 3. 13

Alat yang digunakan pada tahapan pembakaran keramik film tebal

No.	Alat	Fungsi
1.	*Furnice*	Tungku untuk proses pembakaran.
2.	Bata insulator	Untuk alas sampel keramik film tebal
3.	*Tang Cruch*	Untuk menjepit atau memindahkan keramik film tebal

1.3.3 Karakterisasi Keramik Film Tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang Didoping dengan ZnO

Film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ didoping oleh ZnO dilakukan beberapa karakterisasi tujuannya untuk mengetahui struktur kristal, struktur morfologi dan sifat listrik (sensitivitas dan temperatur operasi). Adapun penjelasan dari masing-masing proses karakterisasi adalah sebagai berikut :

1.3.3.1 Karakterisasi Struktur Kristal

Karakterisasi struktur kristal merupakan metode untuk mengetahui struktur kristal dari suatu material. Material yang digunakan pada pengujian ini adalah material keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dalam bentuk film tebal. Karakterisasi struktur kristal menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD) yang bertempat di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT-BATAN) Jl. Tamansari No 17 Bandung.

1.3.3.2 Karakterisasi Struktur Morfologi

Karakterisasi struktur morfologi merupakan metode untuk menggambarkan permukaan morfologi dari keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO. Berdasarkan hasil pengujian *Scanning Electron Microsoft (SEM)* maka akan diperoleh ukuran butir rata-rata dari keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO. Karakterisasi struktur morfologi menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang bertempat di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Jl. Dr. Djunjunan No. 236, Husen Sastranegara, Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat (40174).

1.3.3.3 Karakterisasi Sifat Listrik

Karakterisasi sifat listrik bertujuan untuk mengetahui sifat kelistrikan dari suatu material keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO yang diaplikasikan untuk sensor gas etanol. Karakterisasi ini dilakukan dengan pengukuran resistansi tiap perubahan temperatur 5℃ dalam ruang tanpa gas etanol dan dalam ruang dengan gas etanol 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Pengukuran sifat listrik pada keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO menggunakan alat multimeter. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi sifat listrik ini berupa sensitivitas dan temperature operasi. 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. Berikut ini adalah set alat yang digunakan untuk karakterisasi sifat listrik ditunjukkan Gambar 3.16.

Gambar 3. 16 Alat chamber gas

1.3.4 Analisis Data

Setelah melakukan proses karakterisasi, tahapan selanjutnya yaitu analisis data hasil karakterisasi. Analisis data dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dalam penelitian ini. Adapun penjelasan dari hasil proses analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1.3.4.1 Analisis Pengaruh Penambahan ZnO Terhadap Karakteristik Kristal

Berdasarkan hasil dari karakteristik kristal dapat diketahui pengaruh yang terjadi pada keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO. Hasil karakterisasi XRD *(X-Rays Diffraction)* meliputi struktur kristal, parameter kisi dan ukuran kristalit pada keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO untuk aplikasi sensor gas etanol.

Struktur kristal diketahui melalui pencocokan hasil karakterisasi dengan JCPDS *(Join Committee of Powder Diffraction Standart)* menggunakan software *Match! 3.*

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 $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO.

Suatu kristal memiliki banyak bidang hkl. Tiap bidang hkl mempunyai jarak d_{hkl} tertentu tergantung parameter kisi dan strukturnya. Adapun hubungan antara parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl yang sesuai dengan struktur kristalnya adalah seperti yang ditunjukkan Tabel 3.14.

Tabel 3. 14

Hubungan parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl (Hidayati, 1995)

Struktur kristal	**Hubungsn 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	$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{4}{3}\frac{h^2 + hk^2 + k}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}$
Ortorombik	$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$

Adapun untuk menenetukan ukuran kristalit dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Debye-Scherrer* berikut ini (Murade, dkk. 2010):

$$D = \frac{K\,\lambda}{B\cos\theta} \qquad (3.7)$$

Dimana *D* adalah ukuran kristalit dalam (nm), *K* adalah konstanta *shape factor* (0.9), λ adalah panjang gelombang sinar-x (nm), dan *B* adalah nilai FWHM (rad), dan θ adalah sudut Bragg.

Berdasarkan karakteristik struktur kristal, parameter kisi dan ukuran kristalit pada keramik film tebal keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO dapat diketahui pengaruh pada penambahan doping ZnO keramik.

1.3.4.2 Analisis Pengaruh Penambahan ZnO terhadap struktur morfologi

Berdasarkan hasil dari karakteristik struktur morfologi dapat diketahui pengaruh yang terjadi pada keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO. Hasil karakterisasi SEM *(Scanning Electron Microscopy)* dapat dilihat dari perbedaan ukuran butir pada keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO. Perhitungan ukuran butir rata-rata dapat dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$\bar{d} = \frac{L\ (\mu)}{N_{tot}\ P} \qquad (3.8)$$

Dimana $\bar{d}$ adalah ukuran butir rata-rata (μ), 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 μm. Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui ukuran butir pada keramik $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO. Apabila ukuran butir pada kedua sampel mengalami perubahan maka dapat dikatakan penambahan doping ZnO pada keramik berpengaruh.

1.3.4.3 Pengaruh Penamabahan ZnO Terhadap Sifat Listrik

Untuk mengetahui pengaruh penambahan doping ZnO terhadap karakteristik listrik dapat ditentukan berdasarkan perbedaan nilai resistansi. Karakterisasi listrik keramik film tebal $LaFeO_3$ dan $LaFeO_3$ yang didoping dengan ZnO menggunakan alat multimeter. Setiap kenaikan 5 ℃ nilai resistansi dan temperatur dicatat. Pengujian ini dilakukan dalam ruang tanpa gas etanol dan dalam ruang dengan gas etanol.

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 berikut (Murade, dkk. 2010) :

$$S = \frac{\Delta R}{R_a} \frac{[R_a - R_g]}{R_a} \qquad (3.9)$$

Dimana S adalah sensitivitas sensor, R_g adalah resistansi dalam ruang etanol dinyatakan dalam (MΩ) dan R_a adalah resistansi dalam ruang tanpa etanol dinyatakan dalam (MΩ). Setelah didapatkan nilai sensitivitas selanjutnya dibuat grafik sensitivitas terhadap kenaikan suhu. Nilai sensitivitas tertinggi merupakan 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 yang tanpa doping atau dengan doping ZnO