

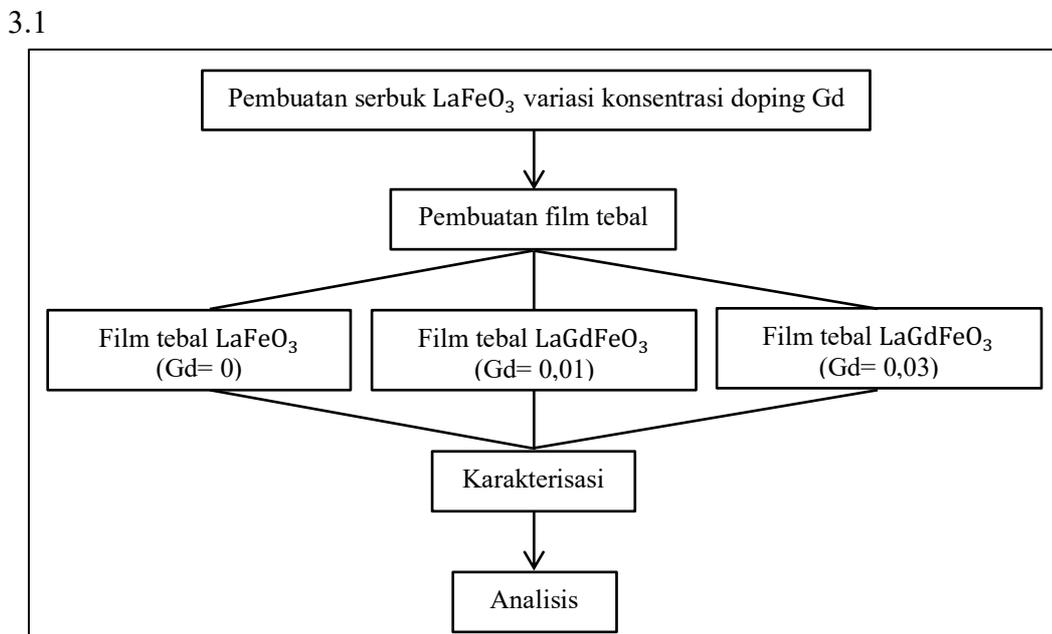
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Januari-Maret 2020 dan bertempat di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) yang bertempat di Jl. Tamansari No. 71 Cobleng, Kota Bandung, Jawa Barat - 40132.

3.2 Desain Penelitian

Pembuatan dan karakterisasi keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd untuk aplikasi sensor gas etanol secara garis besar dijumpukan Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Desain Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Sampel dibuat dalam bentuk keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd untuk aplikasi sensor gas etanol. Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan keramik film tebal yaitu serbuk La_2O_3 , serbuk Fe_2O_3 , dan serbuk Gd_2O_3 . Serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd dibuat dengan menggunakan metode kopresipitasi. Pembuatan film tebal dilakukan dengan teknik *screen printing*. Kemudian keramik film tebal dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristalit,

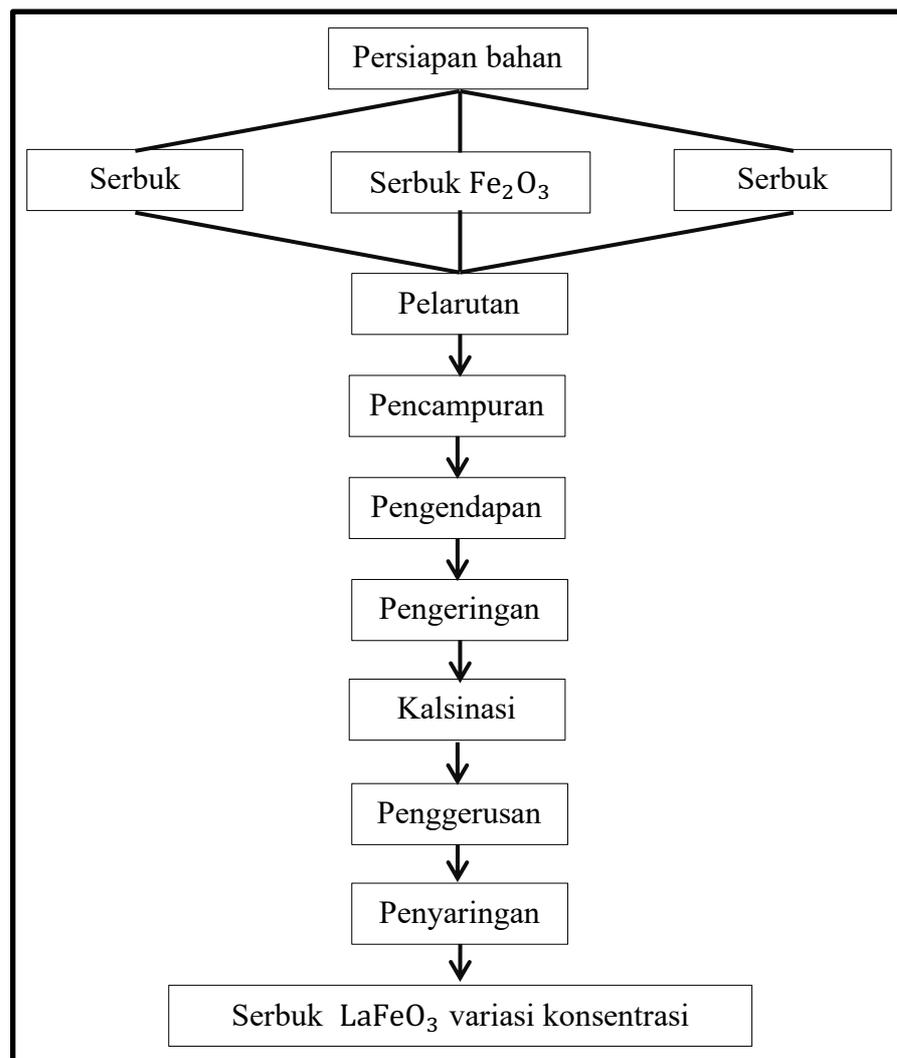
Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi ukuran butir dan bentuk butir, dan karakterisasi listrik dilakukan tanpa menggunakan gas (keadaan *ambient*) dan menggunakan gas etanol dengan konsentrasi gas etanol yang divariasikan.

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian, dimulai dari pembuatan serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd, pembuatan keramik film tebal, karakterisasi dan analisis data. Adapun penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

3.3.1 Pembuatan serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd

Dalam tahapan pembuatan serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd secara garis besar ditunjukkan oleh Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Tahapan pembuatan serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd

Penjelasan dari setiap tahapan pembuatan serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd adalah sebagai berikut:

3.3.1.1 Persiapan Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd adalah serbuk La_2O_3 , serbuk Fe_2O_3 , dan serbuk Gd_2O_3 . Komposisi dari bahan tersebut ditunjukkan Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3.

Tabel 3. 1

Komposisi bahan dasar serbuk LaFeO_3 doping Gd (0%)

Bahan Dasar	Massa (gram)	% mol
La_2O_3	2,0133	50
Fe_2O_3	0,9867	50

Tabel 3. 2

Komposisi bahan dasar serbuk LaFeO_3 doping Gd (1%)

Bahan Dasar	Massa (gram)	% mol
La_2O_3	1,9966	50
Fe_2O_3	0,9590	49
Gd_2O_3	0,0444	1

Tabel 3. 3

Komposisi bahan dasar serbuk LaFeO_3 doping Gd (3%)

Bahan Dasar	Massa (gram)	% mol
La_2O_3	1,9640	50
Fe_2O_3	0,9049	47
Gd_2O_3	0,1311	3



(a)

(b)

(c)

Gambar 3. 3 Serbuk (a) La_2O_3 (b) Gd_2O_3 (c) Fe_2O_3

Alat yang digunakan pada tahapan persiapan bahan ini ditunjukkan oleh Tabel 3.4

Tabel 3. 4
Alat yang digunakan dalam tahapan persiapan bahan

No.	Alat	Fungsi
1.	Timbangan digital	Untuk menimbang bahan dasar agar sesuai dengan komposisi yang sudah ditentukan
2.	Spatula	Untuk memindahkan bahan dasar dari wadah ke kertas timbang yang sudah diletakan diatas timbangan digital
3.	Kertas timbang	Untuk alas pada saat menimbang bahan dasar
4.	<i>Beaker Glass</i>	Untuk wadah menampung bahan yang sudah ditimbang

3.3.1.2 Pelarutan

Setelah selesai menimbang semua bahan dasar, selanjutnya dilakukan tahapan pelarutan dengan cara mencampurkan bahan dasar dengan zat pelarutnya diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan pada temperatur 90°C agar bahan dasar dapat terlarut dengan mudah. Zat pelarut yang digunakan adalah HCL 10 M sebanyak ± 40 ml untuk melarutkan serbuk La_2O_3 , serbuk Fe_2O_3 , dan serbuk Gd_2O_3 . Proses pelarutan masing-masing bahan dilakukan selama ± 2 jam. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pelarutan adalah sebagai berikut:

a) Pelarutan serbuk La_2O_3 , ditunjukkan oleh reaksi berikut:



b) Pelarutan serbuk Fe_2O_3 , ditunjukkan oleh reaksi berikut:



c) Pelarutan serbuk Gd_2O_3 , ditunjukkan oleh reaksi berikut:



Alat dan bahan yang digunakan pada tahapan pelarutan ini ditunjukkan oleh Tabel 3.5 dan Tabel 3.6

Tabel 3. 5

Alat yang digunakan pada tahapan pelarutan

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Untuk pemanasan pada proses pelarutan
2.	<i>Magnetic Stirrer</i>	Untuk mengaduk bahan secara otomatis
3.	<i>Beaker Glass</i> 100 ml	Untuk wadah pelarutan bahan

Tabel 3. 6

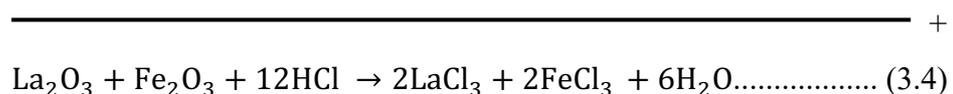
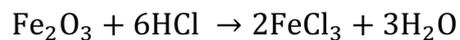
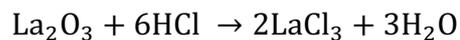
Bahan yang digunakan pada tahapan pelarutan

No.	Alat	Fungsi
1.	HCL 10M	Untuk zat pelarut serbuk La_2O_3 dan serbuk Gd_2O_3
2.	Aquades	Untuk zat pelarut serbuk Fe_2O_3

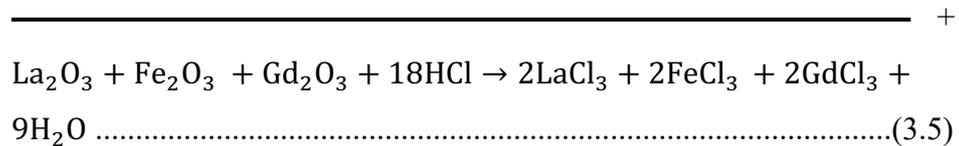
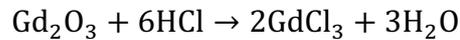
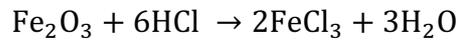
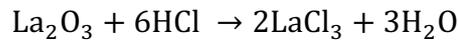
3.3.1.3 Pencampuran

Setelah semua bahan sudah terlarut tahapan selanjutnya yaitu pencampuran semua bahan dasar. Untuk serbuk LaFeO_3 tanpa doping Gd larutan yang dicampurkan adalah larutan La_2O_3 dan larutan Fe_2O_3 , untuk serbuk LaFeO_3 doping Gd (Gd= 10% dan 30%) larutan yang dicampurkan adalah larutan La_2O_3 , larutan Fe_2O_3 , dan larutan Gd_2O_3 . Pencampuran dilakukan dalam *beaker glass* 300 ml, lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 1 jam pada suhu 80°C agar larutan dapat dengan mudah menjadi larutan yang homogen. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pencampuran adalah sebagai berikut:

- a) Pencampuran untuk sintesis LaFeO_3 tanpa doping Gd, ditunjukkan oleh reaksi berikut:



- b) Pencampuran untuk sintesis LaFeO_3 doping Gd (Gd= 1% dan 3%), ditunjukkan oleh reaksi berikut:



Alat yang digunakan pada tahapan pencampuran ini ditunjukkan oleh Tabel

3.7

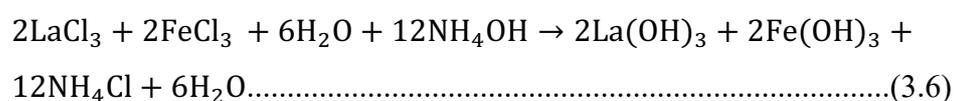
Tabel 3. 7
Alat yang digunakan pada tahapan pencampuran

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Untuk pemanasan pada proses pencampuran larutan
2.	<i>Magnetic Stirer</i>	Untuk mengaduk larutan secara otomatis pada proses pencampuran
3.	<i>Beaker Glass 300 ml</i>	Untuk wadah pencampuran larutan
4.	Termometer raksa	Untuk mengecek temperatur larutan

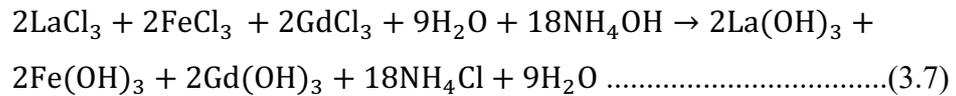
3.3.1.4 Pengendapan

Setelah semua larutan tercampur tahapan selanjutnya yaitu pengendapan. Pengendapan dilakukan dengan cara menambahkan amoniak hidroksida (NH_4OH) pada larutan yang sudah tercampur, penambahan dilakukan sedikit demi sedikit hingga pH larutan ± 8 . Pada penelitian ini amoniak hidroksida (NH_4OH) yang ditambahkan ± 50 ml. Kemudian larutan tersebut didiamkan sampai cairan dan endapannya terpisah. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan adalah sebagai berikut:

- a) Pengendapan untuk sintesis LaFeO_3 tanpa doping Gd, ditunjukkan oleh reaksi berikut:



- b) Pengendapan untuk sintesis LaFeO_3 doping Gd (Gd= 1% dan 3%), ditunjukkan oleh reaksi berikut:



Gambar 3. 4 Hasil Pengendapan

Alat yang digunakan pada tahapan pengendapan ini ditunjukkan oleh Tabel

3.8

Tabel 3. 8

Alat yang digunakan pada tahapan pengendapan

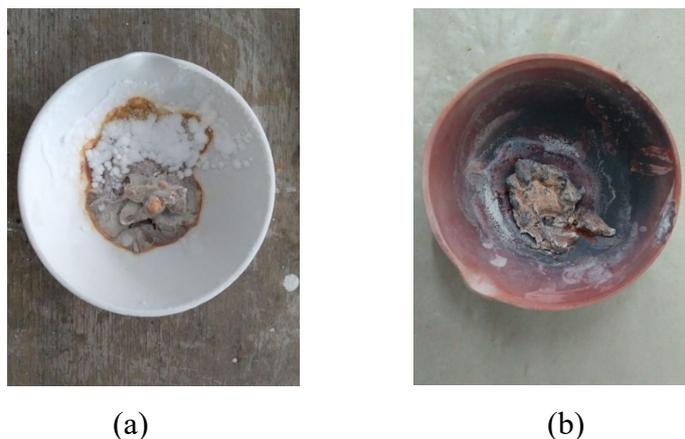
No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Hot Plate</i>	Untuk pemanasan pada proses pencampuran larutan dengan amoniak hidroksida (NH_4OH)
2.	<i>Magnetic Stirrer</i>	Untuk mengaduk larutan secara otomatis
3.	<i>Beaker Glass 300 ml</i>	Untuk wadah pencampuran larutan dan pengendapan
4.	Batang pengaduk	Untuk mengaduk larutan saat ditambahkan amoniak hidroksida (NH_4OH)
5.	pH meter	Untuk mengukur pH larutan

3.3.1.5 Pengeringan dan Kalsinasi

Setelah tahapan pengendapan, hasil endapan kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan endapan dan cairannya, tahapan selanjutnya yaitu pengeringan bertujuan agar kadar air pada endapan hilang. Tahapan pengeringan dilakukan pada temperatur 100°C selama 6 jam. Tahapan berikutnya yaitu kalsinasi, kalsinasi bertujuan agar senyawa dari unsur-unsur penyusunnya terbentuk. Tahapan kalsinasi dilakukan pada temperatur 600°C selama 3 jam.

Siti Nabila Rahmah, 2021

PENGARUH DOPING Gd TERHADAP KARAKTERISTIK KERAMIK FILM TEBAL KOMPOSIT Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 HASIL SINTESIS DENGAN METODE KOPRESIPITASI UNTUK SENSOR GAS ETANOL
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3. 5 (a) Hasil Pengeringan (b) Hasil Kalsinasi

Alat yang digunakan pada tahapan pengeringan dan kalsinasi ini ditunjukkan oleh Tabel 3.9

Tabel 3. 9

Alat yang digunakan pada tahapan pengeringan dan kalsinasi

No.	Alat	Fungsi
1.	Cawan porselin 100 ml	Untuk wadah menyimpan hasil endapan
2.	<i>Furnace</i>	Untuk mengeringkan hasil endapan dan kalsinasi

3.3.1.6 Penggerusan dan penyaringan

Setelah tahapan pengeringan dan kalsinasi, hasil kalsinasi serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd digerus agar ukuran butiran serbuk halus. Kemudian hasil gerusan disaring agar ukuran butir LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd yang dihasilkan optimal.



Gambar 3. 6 Serbuk LaFeO_3

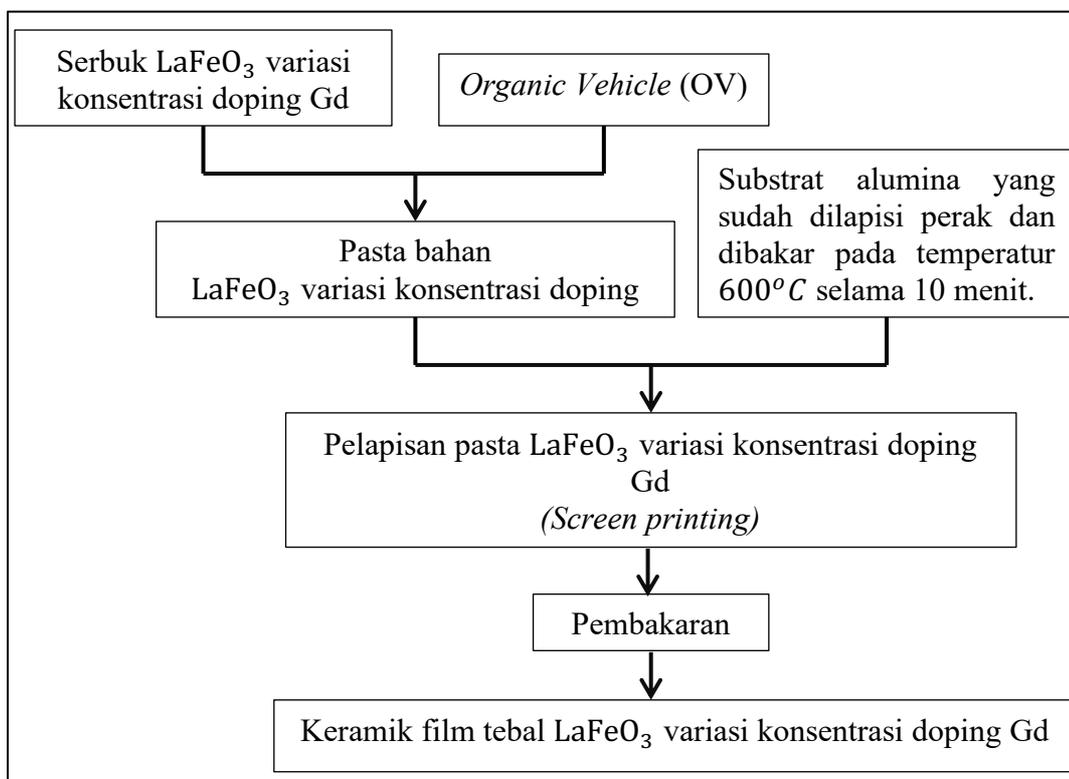
Alat yang digunakan pada tahapan penggerusan dan penyaringan ini ditunjukkan oleh Tabel 3.10

Tabel 3. 10
Alat yang digunakan pada tahapan penggerusan dan penyaringan

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Mortar dan Alu</i>	Untuk menggerus serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd hasil kalsinasi
2.	Wadah sampel	Untuk wadah serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd yang sudah halus hasil penyaringan
3.	Spatula	Untuk memindahkan sampel yang sudah digerus ke dalam wadah sampel
4.	Saringan <i>90 mesh</i>	Untuk menyaring serbuk LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd yang sudah digerus

3.3.2 Pembuatan keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd

Dalam tahapan pembuatan keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd secara garis besar ditunjukkan oleh Gambar 3.3



Gambar 3. 7 Tahapan pembuatan keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd

3.3.2.1 Pembuatan Pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd

Pembuatan pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd dilakukan dengan cara mencampur serbuk LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd dengan *Organic Vehicle* (OV). *Organic Vehicle* (OV) terbuat dari pencampuran α – Terpineol dengan *ethyl cellulose*, dengan perbandingan 90% : 10%. Jadi untuk membuat 1 gram *Organic Vehicle* (OV) didapatkan dari 0,9 gram α – Terpineol dan 0,1 gram *ethyl cellulose*. Perbandingan antara serbuk LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd dan *Organic Vehicle* (OV) yaitu 70% wt : 30% wt. Maka agar didapatkan 1 gram pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd dibutuhkan 0,7 gram serbuk LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd, dan 0,3 gram *Organic Vehicle* (OV). Agar pasta tersebut siap digunakan pasta didiamkan terlebih dahulu selama ± 24 jam.



Gambar 3. 8 *Organic Vehicle* (OV)

Alat yang digunakan pada pembuatan pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd ditunjukkan oleh Tabel 3.11

Tabel 3. 11
Alat yang digunakan pada pembuatan pasta

No.	Alat	Fungsi
1.	Timbangan Digital	Untuk menimbang serbuk LaFeO ₃ variasi konsentrasi doping Gd, dan bahan untuk membuat <i>Organic Vehicle</i> (OV)
2.	Wadah sampel	Untuk wadah <i>Organic Vehicle</i> (OV) dan pasta LaFeO ₃ variasi konsentrasi doping Gd
3.	Spatula	Untuk memindahkan bahan saat akan ditimbang, dan memindahkan ke wadah sampel
4.	Batang Pengaduk	Untuk <i>Organic Vehicle</i> (OV), dan pasta LaFeO ₃ variasi konsentrasi doping Gd

3.3.2.2 Pelapisan Pasta Perak pada Substrat Alumina

Substrat alumina dilapisi pasta perak menggunakan metode *screen printing*. Pelapisan pasta perak pada substrat alumina bertujuan agar karakteristik listrik dari keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd dapat diketahui, berfungsi sebagai kontak ohmik. Setelah substrat alumina dilapisi pasta perak, substrat alumina tersebut kemudian dibakar pada suhu 600°C selama 10 menit agar perak melekat dengan kuat pada substrat.



Gambar 3. 9 Pelapisan Pasta Perak pada Substrat Alumina

Alat dan bahan yang digunakan pada tahapan pelapisan pasta perak ditunjukkan oleh Tabel 3.12 dan Tabel 3.13

Tabel 3. 12 Alat yang digunakan pada tahapan pelapisan perak

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Screen</i>	Untuk melapiskan pasta perak pada substrat alumina
2.	Rakel	Untuk menyapukan pasta pada permukaan <i>screen</i>
3.	<i>Double Tip</i>	Untuk merekatkan substrat agar tidak bergerak saat proses <i>screen printing</i>
4.	Spatula	Untuk mengambil pasta perak

Tabel 3. 13

Bahan yang digunakan pada tahapan pelapisan perak

No.	Alat	Fungsi
1.	Alkohol	Untuk membersihkan substrat dan alat <i>screen printing</i>
2.	Substrat Alumina	Untuk bahan utama saat pelapisan pasta perak
3.	Pasta perak	Untuk kontak ohmik

3.3.2.3 Pelapisan Pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd

Pelapisan pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd dilakukan menggunakan teknik *screen printing*, dan dilakukan diatas substrat alumina yang sudah dilapisi pasta perak.

Alat yang digunakan pada tahapan pelapisan pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd ditunjukkan oleh Tabel 3.14

Tabel 3. 14
Alat yang digunakan pada tahapan pelapisan LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Screen</i>	Untuk melapiskan pasta LaFeO ₃ variasi konsentrasi doping Gd pada substrat alumina yang sudah dilapisi perak
2.	Rakel	Untuk menyapukan pasta pada permukaan <i>screen</i>
3.	<i>Double Tip</i>	Untuk merekatkan substrat agar tidak bergerak saat proses <i>screen printing</i>
4.	Spatula	Untuk mengambil pasta LaFeO ₃ variasi konsentrasi doping Gd

3.3.2.4 Pembakaran

Setelah melapisi pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd pada substrat alumina yang sudah dilapisi perak, kemudian film tebal tersebut dibakar pada suhu 600°C selama 2 jam. Tahapan pembakaran ini berfungsi agar pasta LaFeO₃ variasi konsentrasi doping Gd menjadi padat, dan menempel sempurna pada substrat alumina yang sudah dilapisi perak.

Alat yang digunakan pada tahapan pembakaran ditunjukkan oleh Tabel 3.15

Tabel 3. 15
Alat yang digunakan pada tahapan pembakaran

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Furnice</i>	Untuk proses pembakaran
2.	<i>Tang Cruch</i>	Untuk menjepit film tebal saat memindahkan film tebal
3.	Bata Insulator	Untuk menyimpan film tebal saat proses pembakaran

3.3.3 Karakterisasi Keramik Film Tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd

Karakterisasi keramik film tebal komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 variasi konsentrasi doping Gd dilakukan agar struktur kristal, struktur morfologi, dan sifat listriknya dapat diketahui. Adapun penjelasan dari masing-masing proses karakterisasi adalah sebagai berikut:

3.3.3.1 Karakterisasi Struktur Kristal

Karakterisasi struktur kristal dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari suatu material. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah keramik film tebal komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 variasi konsentrasi doping Gd. Alat yang digunakan untuk karakterisasi struktur kristal adalah *X-Ray Diffraction* (XRD), hasil yang didapatkan dari proses ini yaitu berupa puncak-puncak difraksi. Proses ini dilakukan di Institut Teknologi Bandung. Jl. 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

Karakterisasi struktur morfologi dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dari suatu material. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah keramik film tebal komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 variasi konsentrasi doping Gd. Dari karakterisasi struktur morfologi dapat diketahui ukuran butir rata-rata keramik film tebal LaFeO_3 variasi konsentrasi doping Gd. Alat yang digunakan dalam karakterisasi struktur morfologi adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM). 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 Sensitivitas Sensor

Siti Nabila Rahmah, 2021

PENGARUH DOPING Gd TERHADAP KARAKTERISTIK KERAMIK FILM TEBAL KOMPOSIT Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 HASIL SINTESIS DENGAN METODE KOPRESIPITASI UNTUK SENSOR GAS ETANOL
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Karakterisasi sifat listrik dilakukan untuk mengetahui sifat kelistrikan dari suatu material, material tersebut yaitu keramik film tebal komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 variasi konsentrasi doping Gd yang diaplikasikan untuk sensor gas etanol. Karakterisasi dilakukan dengan cara mengukur resistansi tiap perubahan temperatur saat keadaan tanpa gas etanol (ambient) dan di dalam ruang yang berisi gas etanol 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Karakterisasi sifat listrik dilakukan dengan menggunakan set alat *chamber gas*, dan multimeter. Hasil yang didapatkan pada tahap karakterisasi sifat listrik ini adalah sensitivitas dan temperatur operasi. 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.

3.3.4 Analisis Data

Setelah melakukan karakterisasi terhadap material, selanjutnya dilakukan analisis dari data hasil karakterisasi tersebut. Penjelasan dari analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.3.4.1 Analisis Pengaruh Konsentrasi Gd terhadap Struktur Kristal Komposit Fe_2O_3 – LaFeO_3 – La_2O_3

Dari karakterisasi struktur kristal didapatkan data yang digunakan untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristalit dari keramik film tebal komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 variasi konsentrasi doping 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*. Puncak-puncak hasil difraksi dapat diketahui dari hasil pencocokan tersebut. Puncak-puncak tersebut digunakan untuk menghitung nilai indeks miller (*hkl*) dan parameter kisi dari keramik komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 variasi konsentrasi doping Gd.

Untuk menghitung ukuran kristalit yaitu dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer yang ditunjukkan oleh persamaan 3.1

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

dengan,

- D : Ukuran kristalit
 K : Konstanta *shape factor* (0,9)
 λ : Panjang gelombang sinar-X
 B : Nilai FWHM (rad)
 θ : Sudut Bragg

Berdasarkan karakteristik struktur kristal, parameter kisi dan ukuran kristalit pada keramik film tebal maka dapat diketahui pengaruh variasi konsentrasi Gd keramik film tebal komposit Fe₂O₃ - LaFeO₃ - La₂O₃ terhadap karakteristik kristal untuk aplikasi sensor gas etanol. 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.

3.3.4.2 Analisis Pengaruh Konsentrasi Gd terhadap Struktur Mikro Komposit Fe₂O₃ – LaFeO₃ – La₂O₃

Analisis struktur mikro dilakukan dengan cara mengamati citra keramik film tebal komposit Fe₂O₃ - LaFeO₃ - La₂O₃ variasi konsentrasi doping Gd yang dihasilkan dari karakterisasi menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dari citra morfologi tersebut didapatkan data ukuran butir dari keramik film tebal komposit Fe₂O₃ - LaFeO₃ - La₂O₃ dengan variasi konsentrasi doping Gd untuk aplikasi sensor gas etanol. Data yang didapatkan kemudian dihitung untuk mengetahui ukuran butir rata-rata dari komposit Fe₂O₃ - LaFeO₃ - La₂O₃ variasi konsentrasi doping Gd, perhitungan ukuran butir rata-rata tersebut menggunakan persamaan (3.2) berikut (Lalu A. Didik, 2020):

$$\bar{d} = \frac{L}{N_{tot}P} \quad (3.2)$$

dengan,

- \bar{d} : ukuran butir rata-rata (μ)
 L : panjang garis (cm)
 N_{tot} : jumlah total butir yang terdapat dalam garis
 P : perbandingan antara panjang garis acuan dalam cm dan μ m

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui ukuran butir pada keramik film tebal komposit $Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3$ variasi konsentrasi doping Gd. Apabila ukuran butir pada ketiga sampel mengalami perubahan maka dapat dikatakan variasi konsentrasi doping Gd berpengaruh.

3.3.4.3 Analisis Pengaruh Konsentrasi Gd terhadap terhadap Sensitivitas Sensor Gas Etanol

Data resistansi tiap perubahan temperatur saat beberapa keadaan, data tersebut di dapatkan dari karakterisasi sifat listrik. Data digunakan untuk mengetahui nilai sensitivitas keramik film tebal komposit $Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3$ variasi konsentrasi doping Gd, dengan cara dihitung menggunakan persamaan (3.2) berikut (Suhandi, dkk, 2017b):

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

dengan,

- S : Sensitivitas
 R_a : Resistansi sensor gas pada keadaan normal atau tanpa gas
 R_g : Resistansi sensor gas pada keadaan ada gas etanol

Setelah nilai sensitivitas didapatkan, nilainya kemudian dibuat grafik hubungan antara sensitivitas terhadap temperatur. Nilai sensitivitas tertinggi merupakan nilai sensitivitas dari keramik film tebal yang dibuat dan temperatur pada saat nilai sensitivitas tertinggi merupakan temperatur operasi dari keramik film tebal yang dibuat.