

**PENGARUH *CO-DOPING* Gd DAN Co TERHADAP KARAKTERISTIK
FISIS KERAMIK FILM TEBAL LaFeO_3 UNTUK APLIKASI SENSOR
GAS ASETON**

SKRIPSI

disusun untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains Program Studi Fisika Departemen Pendidikan Fisika
kelompok bidang kajian Fisika Material



Oleh

Hendi Haryadi (1702469)

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2022

**PENGARUH *CO-DOPING* Gd DAN Co TERHADAP KARAKTERISTIK
FISIS KERAMIK FILM TEBAL LaFeO₃ UNTUK APLIKASI SENSOR
GAS ASETON**

Oleh

Hendi Haryadi (1702469)

Sebuah Skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Fisika

© Hendi Haryadi
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2022

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lain tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH *CO-DOPING* Gd DAN Co TERHADAP KARAKTERISTIK
FISIS KERAMIK FILM TEBAL LaFeO₃ UNTUK APLIKASI SENSOR
GAS ASETON

Oleh:

Hendi Haryadi

NIM 1702469

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH:

Pembimbing I,



Prof. Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng.

NIP. 196105221984031002

Pembimbing II,



Dr. Endi Suhendi, M.Si

NIP. 197905012003121001

MENGETAHUI

Ketua Program Studi Fisika



Dr. Endi Suhendi, M.Si

NIP. 197905012003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*PENGARUH CO-DOPING Gd DAN Co TERHADAP KARAKTERISTIK FISIS KERAMIK FILM TEBAL LaFeO₃ UNTUK APLIKASI SENSOR GAS ASETON*”, beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas penyataan ini, saya siap menanggung sanksi/resiko apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini

Bandung, Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,

HENDI HARYADI
NIM.1702469

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. Hanya dengan izin dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul *PENGARUH CO-DOPING Gd DAN Co TERHADAP KARAKTERISTIK FISIS KERAMIK FILM TEBAL LaFeO₃ UNTUK APLIKASI SENSOR GAS ASETON*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains program Strata-1 di Jurusan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah mengusahakannya dengan maksimal dan tidak dapat dipungkiri bahwa skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak yang telah membantu memberi masukan kepada penulis.

Menyadari sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan dan kekhilafan, wajar kiranya ditengah penulisan skripsi ini terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan apabila terdapat kritik dan saran yang membangun untuk dapat disampaikan kepada penulis. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan dapat dikembangkan lagi lebih lanjut.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Bandung, Agustus 2022

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Semenjak dimulainya penelitian hingga penulisan skripsi, penulis mendapatkan berbagai bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis, Alm. Bapak Subarjo dan ibunda tercinta Ibu Saginah serta keluarga besar penulis, yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil. Terutama untuk ayahanda yang tidak sempat melihat penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.
2. Prof. Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng., selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, kritik, dan saran dari awal penelitian sampai akhir penulisan skripsi.
3. Dr. Endi Suhendi, M.Si, selaku pembimbing II sekaligus ketua prodi, yang telah memberikan bimbingan, masukan, kritik, saran, dan dukungan dari awal penelitian sampai akhir penulisan skripsi. Terutama telah diberikannya jalan agar penulis bisa masuk ke dalam payung penelitian beliau.
4. Bapak Yamin dan Ibu Yofi Eka Pratiwi selaku Teknisi Laboratorium Bidang Teknofisika yang telah membantu mengarahkan penulis selama melakukan eksperimen di laboratorium.
5. Yusuf Putra Nugraha, selaku sahabat penulis saat ini yang sudah banyak membantu memberi dukungan untuk bisa sampai di titik ini.
6. Farah Aprisza Sheelmarevaa, rekan seperjuangan selama jatuh bangunnya penelitian.
7. Teman-teman di grup 'Helm', 'Unyun', '\$1 for ur brain', 'Gibah Club', 'PRIMBON', dan Vasco Ferreira; kakak angkat saya di Portugal.
8. Semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu yang sudah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, serta doa.

PENGARUH CO-DOPING Gd DAN Co TERHADAP KARAKTERISTIK
FISIS KERAMIK FILM TEBAL LaFeO₃ UNTUK APLIKASI SENSOR GAS
ASETON

HENDI HARYADI

Pembimbing 1: Prof. Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng.

Pembimbing 2: Dr. Endi Suhendi, M.Si.

ABSTRAK

Sintesis dan karakterisasi keramik film tebal LaFeO₃ *co-doping* Gd₂O₃ dan CoO untuk aplikasi sensor gas aseton telah dilakukan. LaFeO₃ dibuat menggunakan metode kopresipitasi dengan variasi *doping* CoO 2.5% dan masing-masing Gd₂O₃ 0%, 2.5%, dan 5% terhadap LaFeO₃. Film tebal LaFeO₃ *co-doping* Gd₂O₃ dan CoO dibuat dengan teknik *screen printing* dan dibakar pada suhu 800^oC selama dua jam. Hasil analisis karakterisasi struktur kristal dengan menggunakan *X-Ray Diffractrometry* (XRD) menunjukkan bahwa LaFeO₃ *co-doping* Gd₂O₃ dan CoO masing-masing memiliki fasa kubik dengan parameter kisi variasi Gd 0% a = 3.9301, Gd 2.5% a = 3.9284, dan Gd 5% a = 3.9274. Ukuran kristalit LaFeO₃ dengan masing-masing konsentrasi Gd₂O₃, secara berurutan, memiliki nilai 64.335 nm, 68.839 nm, dan 65.752 nm. Hasil analisis karakterisasi struktur morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), untuk LaFeO₃ dengan masing-masing konsentrasi Gd₂O₃ secara berurutan, mempunyai ukuran butir 0.15 μm, 0.26 μm, dan 0.16 μm. Hasil karakterisasi sifat listrik pada LaFeO₃ *co-doping* Gd₂O₃ dan CoO, memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan hanya *doping* CoO saja. Nilai sensitivitas maksimum LaFeO₃ dengan masing-masing konsentrasi Gd₂O₃, secara berurutan, memiliki nilai 2.74, 3.06, dan 8.76 pada paparan 270 ppm dengan suhu operasi 310^oC. Gd₂O₃ yang dijadikan sebagai *co-doping* pada LaFeO₃ dengan CoO 2.5% memberikan sensitivitas yang lebih tinggi.

Kata kunci: LaFeO₃, LaFeO₃ *co-doping* Gd₂O₃ dan CoO, Film Tebal, Kopresipitasi, *Screen Printing*, Sensor Gas Aseton

THE EFFECT OF CO-DOPING OF Gd AND Co ON THE PHYSICAL
CHARACTERISTICS OF LaFeO₃ THICK FILM FOR ACETONE GAS
SENSOR APPLICATION

HENDI HARYADI

Pembimbing 1: Prof. Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng.

Pembimbing 2: Dr. Endi Suhendi, M.Si.

ABSTRACT

Synthesisation and characterization of LaFeO₃ with co-doping Gd₂O₃ and CoO thick film ceramics for acetone gas sensor was conducted. LaFeO₃ was made using coprecipitation method with 2.5% CoO for each and 0%, 2.5%, and 5% Gd₂O₃ variation to the LaFeO₃. The LaFeO₃ thick film was prepared using the screen printing technique and calcinated at 800°C for two hours. The analysis of crystal structure characterization using X-Ray Diffraction (XRD) resulted in LaFeO₃ with co-doping Gd₂O₃ and CoO thick film ceramics having the same cubic crystal phase for each with Gd 0% $a = 3.9301$, Gd 2.5% $a = 3.9284$, dan Gd 5% $a = 3.9274$ as the lattice parameters. Crystallite size of LaFeO₃ with co-doping 2.5% CoO and 0%, 2.5%, dan 5% Gd₂O₃, in sequential order are 64.335 nm, 68.839 nm, and 65.752 nm. The results of morphology structure characterization using Scanning Electron Microscopy (SEM) showed the grain size of the LaFeO₃ with co-doping 2.5% CoO and 0%, 2.5%, dan 5% Gd₂O₃ samples, which, in sequential order, are 0.15 μm, 0.26 μm, dan 0.16 μm. The electric property characterization showed that LaFeO₃ with various Gd₂O₃ concentrations, as part of co-doping with 2.5% CoO, resulted in higher sensitivity compared to the lacking of Gd₂O₃ one. In order, the maximum sensitivity values of each Gd₂O₃ concentration are 2.74, 3.06, dan 8.76 when exposed to 270 ppm acetone gas at 310°C. Gd₂O₃ as the part of co-doping in LaFeO₃ with CoO 2.5% has successfully increased the sensitivity to the gas sensor.

Keywords: LaFeO₃, LaFeO₃ co-doping Gd₂O₃ and CoO, Thick Film, Coprecipitation, Screen Printing, Acetone Gas Sensor

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1	
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2	
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sensor Gas.....	5
2.2 Semikonduktor untuk Aplikasi Sensor Gas	6
2.3 Material LaFeO ₃	7
2.4 Struktur Kristal Keramik Film Tebal untuk Sensor Gas.....	8
2.5 Struktur Morfologi Keramik Film Tebal untuk Sensor Gas	12
2.6 Sifat Listrik untuk Sensor Gas.....	12
BAB 3	
METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Desain Penelitian	14
3.3 Tahapan Penelitian.....	15
3.3.1 Pembuatan Serbuk LaFeO ₃ Co-doping Gd ₂ O ₃ dan CoO	15

3.3.2	Pembuatan Keramik Film Tebal LaFeO_3 <i>Co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	26
3.3.3	Karakterisasi Keramik Film Tebal LaFeO_3 <i>Co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	33
3.3.4	Analisis Data	34
BAB 4		
TEMUAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Struktur Kristal Keramik Film Tebal LaFeO_3 <i>Co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	37
4.2	Struktur Morfologi Keramik Film Tebal LaFeO_3 <i>Co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	42
4.3	Sifat Listrik Keramik Film Tebal LaFeO_3 <i>Co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	45
BAB 5		
SIMPULAN DAN REKOMENDASI		
5.1	Simpulan	52
5.2	Rekomendasi	52
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN-LAMPIRAN		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2

- Gambar 2.1 Skema Proses Difraksi (Baskaran, 2010)..... 9
- Gambar 2.2 Hasil karakterisasi morfologi Fe_2O_3 dengan dopan Gd_2O_3 untuk sensor gas aseton. (a) dan (b) merupakan yang sudah dicampur dengan dopan, sedangkan yang (c) yang murni Fe_2O_3 (Zahmouli dkk., 2020). 12
- Gambar 2.3 Pengaruh jumlah dopan Ni pada $\text{LaFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_3$ (Hao dkk., 2019). 13

Gambar 3

- Gambar 3.1 Desain Penelitian Pengaruh *co-doping* Gd_2O_3 dan CoO dalam pembuatan dan karakterisasi keramik film tebal LaFeO_3 14
- Gambar 3.2 Tahapan Pembuatan Serbuk LaFeO_3 *co-doping* Gd_2O_3 dan CoO 16
- Gambar 3.3 Proses Pelarutan (a) La_2O_3 , (b) Gd_2O_3 , (c) Fe_2O_3 , dan (d) CoO 21
- Gambar 3.4 (a) Proses Pencampuran dan (b) Hasil Pencampuran Sampel..... 22
- Gambar 3.5 (a) Proses Pengendapan dan (b) Hasil Pengendapan Sampel. 23
- Gambar 3.6 (a) Proses Penyaringan, (b) Proses Pencucian Saringan, (c) Proses Pengeringan, dan (d) Proses Kalsinasi. 25
- Gambar 3.7 Hasil Penggerusan 26
- Gambar 3.8 Alur Pembuatan Keramik Film Tebal LaFeO_3 *Co-doping* Gd_2O_3 dan CoO 27
- Gambar 3.9 (a) Sampel LaFeO_3 *co-doping* yang sudah ditimbang sesuai dengan rasio komposisi pasta, (b) *Organic Vehicle* yang sudah ditimbang sesuai dengan rasio komposisi pasta, (c) Proses Pencampuran *alfa-terpienol* dan *ethyl cellulose*, dan (d) Sampel LaFeO_3 *co-doping* yang sudah menjadi pasta. 28
- Gambar 3.10 (a) Substrat Alumina berlapisan perak yang akan dikeringkan dan (b) Substrat Alumina berlapisan perak yang sudah dikeringkan. .. 30
- Gambar 3.11 Ilustrasi Pengukuran Resistansi Pasta LaFeO_3 *Co-doping* Gd_2O_3 dan CoO 31
- Gambar 3.12 (a) Pasta sampel yang sudah dilapiskan pada substrat alumina perak untuk karakterisasi sifat listrik dan (b) Pasta sampel yang sudah dilapiskan pada substrat alumina perak untuk uji XRD dan SEM (tanpa perak). 32

Gambar 3.13 Set alat *gas chamber* 34

Gambar 4

Gambar 4.1 Hasil uji XRD film tebal LaFeO_3 Co 2.5% dengan (a) Gd 0%, (b) Gd 2.5%, dan (c) Gd 5%. 37

Gambar 4.2 Hasil uji XRD serbuk LaFeO_3 Co 2.5% dengan (a) Gd 0%, (b) Gd 2.5%, dan (c) Gd 5%. 39

Gambar 4.3 Hasil uji SEM film tebal LaFeO_3 Co 2.5% dengan (a) Gd 0%, (b) Gd 2.5%, dan (c) Gd 5%. 44

Gambar 4.4 Grafik pengaruh temperatur terhadap resistansi keramik 46
film tebal LaFeO_3 Co 2.5% dengan (a) Gd 0%, (b) Gd 2.5%, dan (c) Gd 5%..... 46

Gambar 4.5 Grafik pengaruh temperatur terhadap sensitivitas keramik 49
film tebal LaFeO_3 Co 2.5% dengan (a) Gd 0%, (b) Gd 2.5%, dan (c) Gd 5%..... 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2

Tabel 2.1 Hubungan antara jarak antar bidang difraksi dengan bidang-bidang hkl (Edington, 1975).....	9
Tabel 2.2 Penelitian struktur kristal pada LaFeO_3 dengan dopan Gd (Salah dkk., 2017).....	10
Tabel 2.3 Penelitian ukuran kristalit pada LaFeO_3 dengan dopan Gd (Salah dkk., 2017).....	11

Tabel 3

Tabel 3.1 Komposisi Bahan dalam Persen Mol yang Digunakan dalam Pembuatan Serbuk Komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 yang didoping Gd dan Co.17	
Tabel 3.2 Komposisi Bahan dalam Satuan Gram yang Digunakan dalam Pembuatan Serbuk Komposit Fe_2O_3 - LaFeO_3 - La_2O_3 yang didoping Gd dan Co.	17
Tabel 3.3 Alat untuk Proses Preparasi Bahan	17
Tabel 3.4 Alat untuk Proses Preparasi Bahan	18
Tabel 3.5 Alat untuk Proses Pelarutan	20
Tabel 3.6 Alat untuk Proses Pelarutan	22
Tabel 3.7 Alat untuk Proses Pelarutan	23
Tabel 3.8 Alat untuk Proses Pengeringan dan Kalsinasi	24
Tabel 3.9 Alat untuk Proses Penggerusan dan Penyaringan	25
Tabel 3.10 Alat untuk Pembuatan Pasta LaFeO_3 <i>Co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	28
Tabel 3.11 Alat untuk Proses Pelapisan Pasta Perak pada Substrat Alumina dan <i>Screen Printing</i>	29
Tabel 3.12 Alat untuk Proses Pelapisan Pasta LaFeO_3 <i>co-doping</i> Gd_2O_3 dan CoO	31
Tabel 3.13 Alat untuk Proses Pembakaran.....	33

Tabel 4

Tabel 4.1 Nilai Indeks Miller (hkl) keramik film tebal LaFeO_3 <i>co-doping</i> Co 2.5% dengan Gd 0 %, 2.5%, dan 5%.	40
Tabel 4.2 Nilai Indeks Miller (hkl) serbuk LaFeO_3 <i>co-doping</i> Co 2.5% dengan Gd 0 %, 2.5%, dan 5%.	40
Tabel 4.3 Nilai ukuran kristalit rata-rata keramik film tebal dan serbuk LaFeO_3 <i>co-doping</i> Co 2.5% dengan Gd 0 %, 2.5%, dan 5%.	41
Tabel 4.4 Nilai ukuran kristalit rata-rata keramik film tebal dan serbuk LaFeO_3 <i>co-doping</i> Co 2.5% dengan Gd 0 %, 2.5%, dan 5%.	42
Tabel 4.5 Nilai sensitivitas dan temperatur operasi keramik film tebal LaFeO_3 Co 2.5% dengan Gd 0%, Gd 2.5%, dan Gd 5%.	50