

**STUDI PENGARUH SUBSTITUSI Mg TERHADAP SIFAT
LISTRIK MATERIAL PEROVSKITE $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$
($x = 0.0, 0.1$, dan 0.3) UNTUK APLIKASI SENSOR
KELEMBAPAN**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



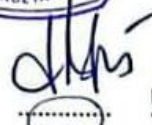
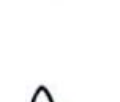
**Rahma Maulidia
1306621025**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PENGARUH SUBSTITUSI Mg TERHADAP SIFAT LISTRIK MATERIAL PEROVSKITE $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$) UNTUK APLIKASI SENSOR KELEMBAPAN

Nama : Rahma Maulidia
No. Registrasi : 1306621025

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si NIP. 19790916 2005011004		12/08/2025
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc NIP. 197905042009122002		12/08/2025
Ketua : Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si NIP. 195711231987031003		01/08/2025
Sekretaris : Siti Julia, M.Si NIP. 199205282025062007		01-08-2025
Anggota		
Pembimbing I : Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018		09/08/2025
Pembimbing II : Prof. Dr. techn. Djoko Triyono, M.Si NIP. 196808 121995121002		01/08/2025
Penguji : Dr. Anggara Budi Susilo, M.Si NIP. 196010011992031001		01/08/2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 25 Juli 2025.

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Studi Pengaruh Substitusi Mg terhadap Sifat Listrik Material Perovskite $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$) untuk Aplikasi Sensor Kelembapan” adalah benar merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri, yang disusun berdasarkan hasil penelitian yang saya lakukan secara mandiri di bawah bimbingan dosen pembimbing sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Seluruh data, analisis, dan kutipan yang digunakan dalam penulisan ini telah saya cantumkan sumbernya secara jelas sesuai dengan ketentuan penulisan ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi akademik, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah diberikan, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta. 24 Juli 2025



10000
METERAI
TEMPEL
88F7BANX021919671
Rahma Maulidia



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Rahma Maulidia
NIM : 1306621025
Fakultas/Prodi : FMIPA/Fisika
Alamat email : rahmamaulidia1863@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (... ..)

yang berjudul :

Studi Pengaruh Substitusi Mg terhadap Sifat Listrik Material Perovskite $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$) untuk Aplikasi Sensor Kelembapan

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 13 Agustus 2025

Penulis

Rahma Maulidia

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Studi Pengaruh Substitusi Mg terhadap Sifat Listrik Material Perovskite $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$) untuk Aplikasi Sensor Kelembapan” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah dengan sabar membimbing, memberikan masukan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr. techn. Djoko Triyono, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penelitian.
3. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta yang telah memfasilitasi proses akademik mahasiswa.
4. Seluruh dosen dan Tenaga Kependidikan di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta atas ilmu yang bermanfaat dan dukungan yang telah diberikan selama masa studi penulis.
5. Seluruh Tim Perovskite Research Universitas Indonesia yang telah menjadi tempat belajar yang penuh semangat dan canda tawa. Terima kasih atas kerja sama yang luar biasa dan segala bantuan yang telah diberikan selama proses penelitian ini.
6. Kedua orang tua terkasih, yang menjadi sumber kekuatan utama. Terima kasih telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk bisa menempuh pendidikan tinggi. Terima kasih selalu ada di sisi penulis dan

menjadi alasan bagi penulis untuk bisa bertahan menyelesaikan studinya sampai sarjana. Perjalanan ini tidak lepas dari segala pengorbanan, dukungan, dan doa-doa kalian yang tidak pernah putus. Tidak ada kata yang cukup untuk membalas semua perjuangan dan doa kalian, tapi semoga pencapaian ini bisa menjadi awal dari banyaknya harapan yang ingin penulis wujudkan untuk kalian. Sehat selalu dan panjang umur untuk bapak dan mama agar selalu bisa mendampingi perjuangan dan pencapaian hidup penulis.

7. Aa Ipan dan Aa Ai (abang), Alin dan Nafisah (adik), Mba Nurul dan Teteh Yuli (kakak ipar), serta ponakan-ponakan: Tamma, Gauri, dan Shireen. Terima kasih telah menjadi penghibur hati dan pengingat bahwa rumah bukan sekedar tempat, melainkan kebersamaan dengan orang-orang yang selalu hadir untuk membantu dan saling menguatkan dalam segala keadaan. Terima kasih atas setiap dukungan, doa, dan motivasi yang telah diberikan sepanjang perjalanan ini.
8. Nova Nur Elisa Dewi sebagai rekan penelitian terbaik. Terima kasih atas setiap perjuangan yang telah dilalui bersama hingga penelitian ini terselesaikan. Mulai dari diskusi, eksperimen berulang, hingga malam-malam larut yang dihabiskan di laboratorium, semua proses itu menjadi bagian berharga yang tidak akan terlupakan.
9. Teman-teman seperjuangan, Eka Laela Nun Karina, Nadhifah Najwa Rasditya, Anindita Prameswari Safitri, Nurul Nashiroh Amaliyah, Nur Indah Puspita, dan Asza Putri Fadillah yang sudah kebersamaian sejak awal perkuliahan. Terima kasih sudah menjadi teman diskusi, tempat berbagi keluh kesah, dan tempat cerita dengan penuh canda tawa yang membuat perjalanan ini terasa lebih berkesan.
10. Teman-teman fisika angkatan 21 atas kebersamaan dan bantuan yang senantiasa diberikan sepanjang masa studi. Terima kasih juga kepada sahabat dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, tetapi selalu hadir dalam bentuk dukungan dan semangat yang berarti.

11. Diri sendiri, karena sudah bertahan sampai sejauh ini, bahkan di saat-saat paling sulit sekalipun. Untuk semua malam tanpa tidur, air mata yang jatuh, rasa lelah yang ditahan, dan segala kegelisahan yang tidak bisa diceritakan, terima kasih karena tidak menyerah. Terima kasih sudah terus melangkah, meski terkadang tidak tahu ke mana arah. Terima kasih sudah percaya dan yakin bahwa semua ini layak diperjuangkan. Kamu sudah jauh lebih hebat dari apa yang kamu bayangkan dulu. Kamu layak untuk bangga. Dan kalau nanti merasa goyah lagi, ingat kamu sudah pernah sampai di titik ini karena kamu kuat.

Jakarta, 24 Juli 2025



Rahma Maulidia



ABSTRAK

RAHMA MAULIDIA. Studi Pengaruh Substitusi Mg terhadap Sifat Listrik Material Perovskite $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$) untuk Aplikasi Sensor Kelembapan. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi material perovskite $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$) menggunakan metode sol-gel serta menganalisis sensitivitas dan stabilitasnya sebagai sensor kelembapan. Hasil XRD menunjukkan bahwa semua sampel memiliki struktur ortorombik dengan *space group* Pnma. Substitusi Mg menyebabkan distorsi kisi kristal akibat perbedaan jari-jari ion antara Fe^{3+} dan Mg^{2+} yang berdampak pada penurunan ukuran kristalit dan peningkatan *microstrain*. Analisis SEM menunjukkan bahwa peningkatan Mg menyebabkan peningkatan porositas dan penurunan ukuran *grain*. Hasil EDS dan XRF mendukung keberhasilan substitusi Mg, meskipun XRF memiliki keterbatasan dalam mendeteksi unsur ringan.

Hasil FTIR menunjukkan pita vibrasi logam–oksigen (Fe–O dan Mg–O) dengan pergeseran mode yang mengindikasikan perubahan ikatan atom. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan penurunan energi *bandgap* dari 2.49 eV menjadi 2.23 eV seiring peningkatan substitusi Mg yang mengindikasikan peningkatan konduktivitas material. Kinerja sensor diuji berdasarkan parameter histeresis, yaitu selisih kapasitansi antara proses adsorpsi dan desorpsi pada kelembapan yang sama. Semua sampel menunjukkan respons terhadap kelembapan, dengan kapasitansi tertinggi pada sampel $x = 0.3$. Namun, nilai histeresis terkecil diperoleh pada $x = 0.1$ yang menunjukkan kestabilan sensor terbaik. Dengan demikian, $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_3$ merupakan komposisi paling optimal untuk sensor kelembapan.

Kata kunci: $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$, perovskite, sensor kelembapan, sol-gel, histeresis, kapasitansi

ABSTRACT

RAHMA MAULIDIA. Study of the Effect of Mg Substitution on the Electrical Properties of Perovskite Material $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ and } 0.3$) for Humidity Sensor Applications. Undergraduate Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Jakarta State University, July 2025.

This study aims to synthesize and characterize the perovskite material $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ and } 0.3$) using the sol-gel method and to analyze its sensitivity and stability as a humidity sensor. XRD results show that all samples possess an orthorhombic structure with the Pnma space group. Mg substitution induces lattice distortion due to the ionic radius difference between Fe^{3+} and Mg^{2+} , leading to a decrease in crystallite size and an increase in microstrain. SEM analysis reveals that increasing Mg content results in higher porosity and smaller grain size. EDS and XRF analyses confirm the successful substitution of Mg, although XRF has limitations in detecting light elements.

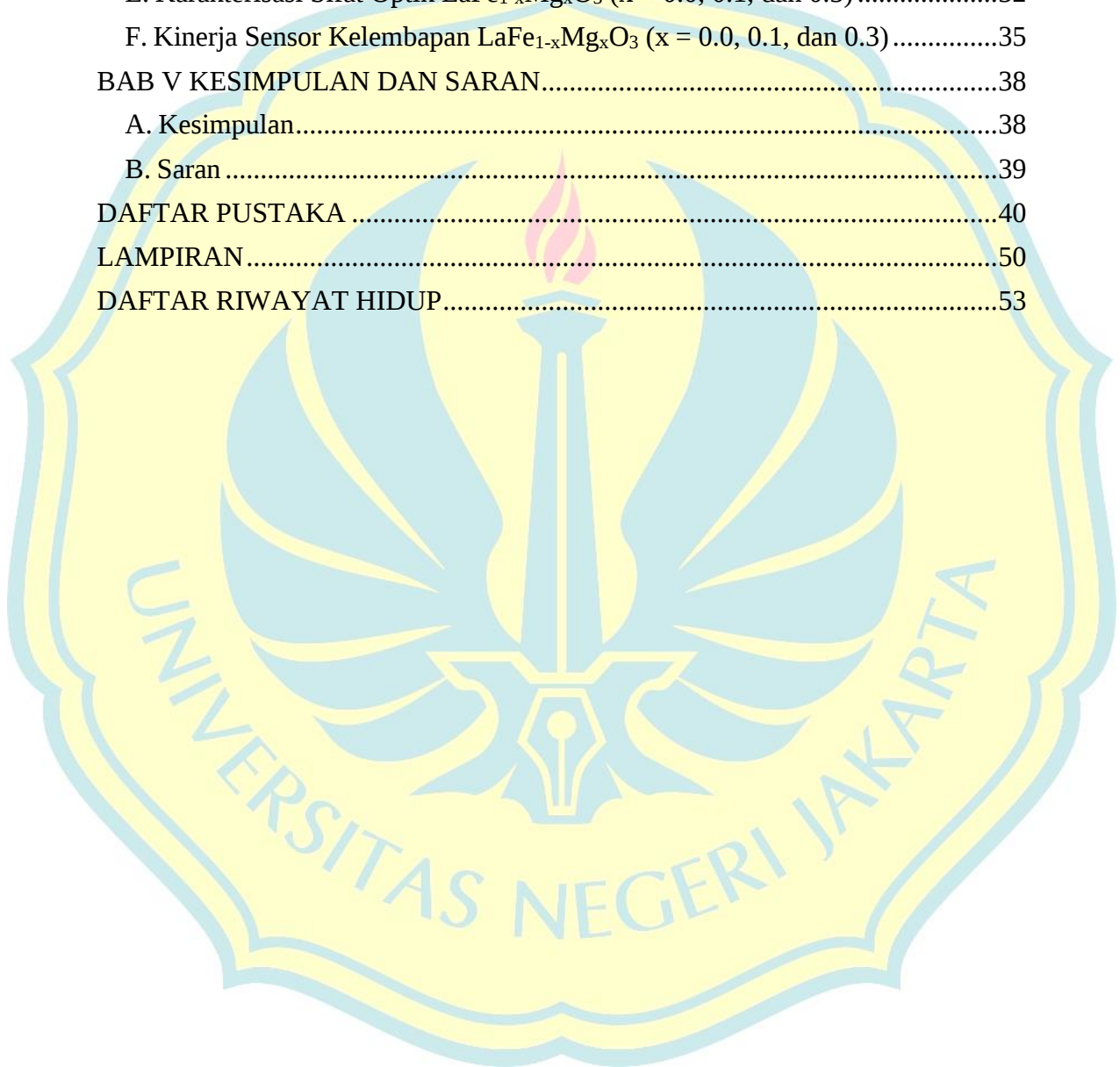
FTIR results display metal–oxygen vibration bands (Fe–O and Mg–O) with shifts in modes indicating changes in atomic bonding. UV-Vis characterization shows a decrease in bandgap energy from 2.49 eV to 2.23 eV with increasing Mg substitution, suggesting enhanced electrical conductivity. The sensor performance was evaluated based on the hysteresis parameter, defined as the capacitance difference between the adsorption and desorption processes at the same humidity level. All samples responded to humidity changes, with the highest capacitance observed in the $x = 0.3$ sample. However, the smallest hysteresis was found in the $x = 0.1$ sample, indicating the best sensor stability. Therefore, $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_3$ is considered the most optimal composition for humidity sensing applications.

Keywords: $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$, perovskite, humidity sensor, sol-gel, hysteresis, capacitance

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Perovskite	5
B. Perovskite LaFeO_3	6
C. Metode Sol-Gel dalam Sintesis Material	8
D. Konsep Umum Doping	9
E. <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	10
F. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	12
G. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	13
H. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	14
I. <i>UV-Vis Spectroscopy</i>	16
J. Histerisis Sensor Kelembapan	17
K. Roadmap Penelitian	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
A. Tempat dan Waktu Penelitian	22
B. Metode Penelitian	22
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	24

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	26
A. Mekanisme Sintesis $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$).....	26
B. Karakterisasi Struktur Kristal $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$).....	28
C. Karakterisasi Mikrostruktur $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$)	29
D. Karakterisasi Komposisi Unsur $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$)	31
E. Karakterisasi Sifat Optik $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$)	32
F. Kinerja Sensor Kelembapan $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.0, 0.1, \text{ dan } 0.3$)	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	50
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kristal Perovskite (Chen et al., 2018)	5
Gambar 2. 2 Struktur Ortorombik LaFeO_3 (Taylor, 2019)	7
Gambar 2. 3 Skema Metode Sintesis Sol-Gel (Bokov et al., 2021)	8
Gambar 2. 4 Difraksi sinar-X pada jarak antar atom d dan sinar datang θ	11
Gambar 2. 5 Grafik XRD $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ ($x = 0.01$ dan 0.05)	12
Gambar 2. 6 Morfologi $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ (Triyono et al., 2020)	13
Gambar 2. 7 Skema Kerja XRF (Msiren et al., 2024)	14
Gambar 2. 8 Pola spektra FTIR $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ (Yunita et al., 2021)	15
Gambar 2. 9 Energi bandgap $\text{LaFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ (Dwimivanusa et al., 2021)	17
Gambar 2. 10 Contoh grafik histerisis sensor kelembapan (Liu et al., 2017)	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	24

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian	22



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Kegiatan Penelitian	51
--	----



DAFTAR SINGKATAN

At%	: Atomic Percentage
C _{FS}	: Capacitance Full Scale
CIF	: Crystal Information File
EDS	: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy
E _g	: Energy Gap
EQE	: External Quantum Efficiency
eV	: Electron Volt
FTIR	: Fourier Transform Infrared
FWHM	: Full Width at Half Maximum
GoF	: Goodness of Fit
ICSD	: Inorganic Crystal Structure Database
IDC	: Interdigital Capacitor
LaFeO ₃	: Lanthanum Orthoferrite
LED	: Light Emitting Diode
M _s	: Saturation Magnetization
M _r	: Remanent Magnetization
RH	: Relative Humidity
SEM	: Scanning Electron Microscope
SOFC	: Solid Oxide Fuel Cell
UV-Vis	: Ultraviolet-Visible Spectroscopy
W%t	: Weight Percentage
XRD	: X-ray Diffraction
XRF	: X-ray Fluorescence