

**PENGARUH DOPING Fe PADA MATERIAL  
NANOPARTIKEL  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ )  
TERHADAP SIFAT STRUKTUR DAN OPTIK**

**Skripsi**

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










**Nia Tiawati  
1306619070**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### PENGARUH DOPING Fe PADA MATERIAL NANOPARTIKEL $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ) TERHADAP SIFAT STRUKTUR DAN OPTIK

Nama : Nia Tiawati  
No Registrasi : 1306619070

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Penanggung Jawab</b>			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		29-08-2023
<b>Wakil Penanggung Jawab</b>			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T. NIP. 197207281999031002		18-08-2023
Ketua	: Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si NIP. 195711231987031002		18-08-2023
Sekretaris	: Riser Fahdiran, M.Si NIP. 198307172009121008		15-08-2023
<b>Anggota</b>			
Pembimbing I	: Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018		15-08-2023
Pembimbing II	: Prof. Dr. techn. Djoko Triyono NIP. 196808121995121002		15-08-2023
Penguji	: Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 197302012003121002		15-08-2023

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 4 Agustus 2023

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Doping Fe Pada Material Nanopartikel  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10,$  dan  $0.12$ ) Terhadap Sifat Struktur dan Optik”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 14 Agustus 2023



10000  
REPUBLIK INDONESIA  
METAL  
FANMEL  
2753A0052391344

Nia Tiawati

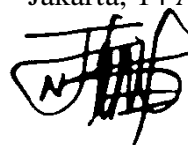
## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan nikmat iman, islam, dan nikmat sehat wal'afiat karena dengan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tujuan penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Dalam proses penulisan dan penelitian, penulis banyak mendapatkan masukan, kritikan, serta saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA UNJ yang telah mengurus sistem akademik dan administrasi kemahasiswaan dengan sangat baik.
2. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si selaku Dosen Pembimbing 1 dan Prof. Dr. techn. Djoko Triyono selaku Dosen Pembimbing 2 yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk mendukung penulis dalam melakukan riset sampai selesai serta memberikan kritik dan saran guna penyempurnaan skripsi ini.
3. Keluarga yang telah memotivasi, mendukung, dan mendoakan penulis dalam keadaan apapun.
4. Septiana Tri Amaliya selaku *partner* dalam penelitian yang sudah melewati masa-masa penuh perjuangan dan Mas Akhmad Futukhillah Fataba Alaih atas bantuan selama di Laboratorium UPP FMIPA UI.
5. Teman-teman angkatan 2019 Fisika Universitas Negeri Jakarta yang telah mendukung penulis dan melaksanakan masa penelitian.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan pengetahuan.

Jakarta, 14 Agustus 2023



Nia Tiawati

## ABSTRAK

**NIA TIAWATI.** Pengaruh Doping Fe Pada Material Nanopartikel  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ) Terhadap Sifat Struktur dan Optik. Dibawah bimbingan IWAN SUGIHARTONO, DJOKO TRIYONO.

Nanopartikel  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ) telah berhasil disintesis melalui metode presipitasi dengan pH-10 dan larutan prekursor serta dopan dipanaskan pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama proses pengadukan. Selanjutnya sampel yang diperoleh, diberi perlakuan *annealing* selama 4 jam dengan suhu  $400^\circ\text{C}$ . Uji karakterisasi yang dilakukan antara lain menggunakan XRD, XRF, dan UV-VIS. Berdasarkan *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) nomor 98-018-0050, hasil dari karakterisasi sifat struktur sampel menunjukkan fase tunggal, struktur kristal wurtzit heksagonal polikristalin, dan *space group*  $P6_3mc$ . Rata-rata ukuran kristalit pada nanopartikel  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ) masing-masing adalah 28.13, 24.70, 26.53, dan 24.80 nm. Ukuran kristalit menurun seiring dengan penambahan substitusi Fe. Pada hasil uji XRF tidak memberikan informasi mengenai elemen lainnya yang mengindikasikan bahwa tidak terdapat impuritas pada sampel. Nilai rasio atomik eksperimen memperlihatkan unsur Zn mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi Fe menunjukkan bahwa ion Fe telah berhasil tersubstitusi di situs Zn. Celah pita pada nanopartikel  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ) masing-masing adalah 3.12, 3.05, 3.09, dan 3.02 eV. Hasil uji UV-Vis menunjukkan penurunan nilai energi celah pita seiring dengan peningkatan substitusi Fe dan diperoleh grafik absorbansi yang dominan menyerap cahaya pada spektrum cahaya tampak. Syarat suatu material dapat diaplikasikan sebagai kandidat sensor gas  $\text{NO}_2$  adalah berada pada rentang cahaya tampak juga celah pitanya berada pada rentang 2.94-3.17 eV. Hasil penelitian memenuhi syarat tersebut.

**Kata kunci:** nanopartikel,  $Zn_{1-x}Fe_xO$ , presipitasi, optik, struktur

## ABSTRACT

**NIA TAWATI.** Effect of Fe Doped in  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ and } 0.12$ ) Nanoparticle Material to Structural and Optical Properties. Under supervised by IWAN SUGIHARTONO, DJOKO TRIYONO.

$Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ and } 0.12$ ) nanoparticles have been successfully synthesized by the precipitation method with pH-10 and the precursor and dopant solutions are heated at  $60^\circ\text{C}$  during the stirring process. Furthermore, the samples obtained were annealed for 4 hours at  $400^\circ\text{C}$ . Characterization tests were carried out using XRD, XRF, and UV-VIS. Based on the Inorganic Crystal Structure Database (ICSD) number 98-018-0050, the results of the structural characterization of the sample showed a single phase, hexagonal polycrystalline wurtzite crystal structure, and the  $P6_3mc$  space group. The average crystallite sizes of  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ and } 0.12$ ) nanoparticles were 28.13, 24.70, 26.53, and 24.80 nm, respectively. The size of the crystallites decreased with the addition of Fe substitution. The XRF test results did not provide information about other elements which indicated that there were no impurities in the sample. The experimental atomic ratio values showed that Zn decreased with increasing Fe concentration, indicating that Fe ions had been successfully substituted at Zn sites. The band gaps of the  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ and } 0.12$ ) nanoparticles were 3.12, 3.05, 3.09, and 3.02 eV, respectively. The results of the UV-Vis test showed a decrease in the value of the bandgap energy along with an increase in Fe substitution and obtained absorbance graphs that predominantly absorb light in the visible light spectrum. The requirement for a material to be applied as a  $\text{NO}_2$  gas sensor candidate is that it is in the visible light range as well as its band gap is in the range 2.94-3.17 eV. The research results fulfill these requirements.

**Keywords:** nanoparticles,  $Zn_{1-x}Fe_xO$ , precipitation, optics, structure

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Nanopartikel .....	6
B. Seng Oksida (ZnO) .....	7
C. Doping Besi (Fe) .....	9
D. Metode Presipitasi .....	12
E. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	14
F. Spektroskopi UV-Vis .....	16
G. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
B. Metode Penelitian .....	21
1. Alat dan Bahan .....	21
2. Prosedur Penelitian .....	22
C. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data .....	23
1. Teknik Pengumpulan Data .....	23
2. Analisis Data .....	24

D. Diagram Alir Penelitian .....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Sintesis Nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ).....	26
B. Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	29
C. Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	34
D. Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis .....	36
BAB V KESIMPULAN .....	40
A. Kesimpulan .....	40
B. Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
DAFTAR LAMPIRAN .....	50
RIWAYAT HIDUP.....	63





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur ZnO .....	8
Gambar 2.2.	Pola XRD dari material nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.03, 0.06, 0.09, 0.12$ dan $0.15$ ) .....	10
Gambar 2.3.	Spektrum absorpsi nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.03, 0.06, 0.09, 0.12$ dan $0.15$ ).....	11
Gambar 2.4.	Skema alat X-Ray Diffraction.....	15
Gambar 2.5.	Difraksi sinar-X oleh kristal.....	16
Gambar 2.6.	Absorpsi sinar UV-Vis oleh larutan sampel dalam kuvet.....	17
Gambar 2.7.	Transisi tingkat energi elektronik daerah UV .....	18
Gambar 2.8.	Energi celah pita ( <i>band gap</i> ).....	19
Gambar 2.9.	Prinsip Kerja <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	20
Gambar 3.1.	Ilustrasi sintesis nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ) menggunakan metode presipitasi .....	23
Gambar 3.2.	Diagram alir penelitian .....	25
Gambar 4.1.	Serbuk nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ).....	28
Gambar 4.2.	Pola <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) hasil sintesis nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ) .....	29
Gambar 4.3.	Pergeseran sudut difraksi nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ).....	30
Gambar 4.4.	Hubungan rata-rata strain dan ukuran kristalit sampel nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ).....	32
Gambar 4.5.	Struktur kristal nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ).....	33
Gambar 4.6.	Kurva <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) material nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ) .....	36
Gambar 4.7.	Pola spektrum absorpsi dari nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ).....	37
Gambar 4.8.	Nilai celah pita nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, dan 0.12$ ).....	38

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat fisik dan kimia besi .....	9
Tabel 2.2. Ukuran kristal rata-rata ( $d$ ) dan energi celah pita ( $E_g$ ) dari nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.03, 0.06, 0.09, 0.12$ dan $0.15$ ) .....	11
Tabel 3.1. Rancangan kegiatan penelitian .....	21
Tabel 4.1. Parameter struktur nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10,$ dan $0.12$ ).....	31
Tabel 4.2. Parameter kisi nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10,$ dan $0.12$ )..	34
Tabel 4.3. Hasil analisis rasio atom material nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06,$ $0.10,$ dan $0.12$ ) .....	35
Tabel 4.4. Nilai <i>optical band gap energy</i> ( $E_g$ ) nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06,$ $0.10,$ dan $0.12$ ) .....	39



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sintesis nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ ) .....	50
Lampiran 2. Karakterisasi nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ )..	52
Lampiran 3. Perhitungan nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ )....	53
Lampiran 4. Data Literature ICSD 98-018-0050 .....	55
Lampiran 5. Data hasil uji XRD.....	57
Lampiran 6. Data hasil uji XRF .....	60
Lampiran 7. Data hasil uji UV-Vis.....	61





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://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 : Nia Tiawati .....  
NIM : 1306619070 .....  
Fakultas/Prodi : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam .....  
Alamat email : niatiawati26@gmail.com .....

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

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

yang berjudul :

Pengaruh Doping Fe Pada Material Nanopartikel  $Zn_{1-x}Fe_xO$  ( $x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$ )  
Terhadap Sifat Struktur dan Optik  
.....  
.....

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan 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 ijin 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, 19 Agustus 2023

Penulis

(Nia Tiawati)