



**SENSOR CAHAYA BERBASIS METAL FEROELEKTRIK  
METAL (ALUMUNIUM/ $Ba_{0,375}Sr_{(0,625-x)}Cu_xTiO_3$ /FTO)  
( $x = 0\%; 0,5\%; 1,0\%; 1,5\%$ )**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**RENNY APIANI DWIKA SAPUTRI**



**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**BOGOR**

**2025**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



## **PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Sensor Cahaya Berbasis Metal Feroelektrik Metal (Alumunium/Ba<sub>0,375</sub>Sr<sub>(0,625-X)</sub>Cu<sub>x</sub>Tio<sub>3</sub>/FTO) (X= 0%; 0,5%; 1%; 1,5%)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Renny Apriani Dwika Saputri  
G7401211066

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



## ABSTRAK

RENNY APRIANI DWIKA SAPUTRI. *Sensor Cahaya Berbasis Metal Feroelektrik Metal (Aluminium/Ba<sub>0,375</sub>Sr(<sub>0,625-x</sub>)Cu<sub>x</sub>TiO<sub>3</sub>/FTO) (x = 0%; 0,5%; 1%; 1,5%).* Dibimbing oleh IRZAMAN dan ARDIAN ARIF SETIAWAN.

Penelitian ini mengkaji pengaruh pendadah Cu terhadap sifat optik, kristal, dan listrik film tipis  $Ba_{0.375}Sr_{0.625}TiO_3$  (BST) sebagai sensor cahaya berbasis struktur Metal-Ferroelectric-Metal (MFM) dengan substrat FTO dan elektroda atas aluminium. Film disintesis menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) dan *spin coating*. Variasi konsentrasi Cu sebesar 0%; 0,5%; 1%; dan 1,5%. Ketebalan film menurun seiring peningkatan doping. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan penurunan transmitansi dan penyempitan band gap dari 2,713 eV menjadi 1,745 eV. XRD menunjukkan perubahan parameter kisi, peningkatan momen dipol, dan penurunan polarisasi spontan. Uji sifat listrik menunjukkan bahwa konduktivitas listrik meningkat. Uji respon sensor menunjukkan bahwa film pada keseluruhan konsentrasi memberikan respons tegangan terhadap cahaya. Temuan ini memperkuat material berstruktur MFM yang didoping Cu sebagai kandidat unggul untuk aplikasi sensor cahaya masa depan.

**Kata kunci:**  $Ba_{0.375}Sr_{0.625}TiO_3$ , Cu, CSD, feroelektrik, film tipis, sensor cahaya.

## ABSTRACT

RENNY APRIANI DWIKA SAPUTRI. *Light Sensor Based on Metal-Ferroelectric-Metal (Aluminum/Ba<sub>0.375</sub>Sr(<sub>0.625-x</sub>)Cu<sub>x</sub>TiO<sub>3</sub>/FTO) Thin Films (x = 0%, 0.5%, 1%, 1.5%).* Supervised by IRZAMAN and ARDIAN ARIF SETIAWAN.

This study investigates the effect of Cu doping on the optical, crystal, and electrical properties of  $\text{Ba}_{0.375}\text{Sr}_{0.625}\text{TiO}_3$  (BST) thin films for light sensor applications based on a Metal-Ferroelectric-Metal (MFM) structure with an FTO substrate and aluminum top electrode. The films were synthesized using the Chemical Solution Deposition (CSD) method and spin coating. Cu was introduced in concentrations of 0%, 0.5%, 1%, and 1.5%. Film thickness decreased with increasing doping levels. UV-Vis characterization revealed a decrease in transmittance and a narrowing of the band gap from 2.713 eV to 1.745 eV. XRD analysis showed changes in lattice parameters, an increase in dipole moment, and a reduction in spontaneous polarization. Electrical property testing indicated an increase in electrical conductivity. Sensor response tests demonstrated that films at all doping concentrations exhibited a voltage response to light. These findings support the potential of Cu-doped MFM-structured materials as promising candidates for future light sensor applications.

**Key words:** Ba<sub>0.375</sub>Sr<sub>0.625</sub>TiO<sub>3</sub>, Cu, CSD, ferroelectric, light sensor, thin film.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025

#### Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



**SENSOR CAHAYA BERBASIS METAL FEROELEKTRIK  
METAL (ALUMUNIUM/ $Ba_{0,375}Sr_{(0,625-x)}Cu_xTiO_3$ /FTO)**  
( $x= 0\%; 0,5\%; 1\%; 1,5\%$ )

**RENNY APIANI DWIKA SAPUTRI**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Fisika

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kelembagaan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**



### Tim Penguji pada Ujian Skripsi

1. Rima Fitria Adiaty, S.T., M.T.
2. Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Sensor Cahaya Berbasis Metal Feroelektrik Metal (Alumunium/Ba<sub>0,375</sub>Sr<sub>(0,625-x)</sub>Cu<sub>x</sub>Tio<sub>3</sub>/FTO) (x= 0%; 0,5%; 1,0%; 1,5%)  
Nama : Renny Apriani Dwika Saputri  
NIM : G7401211066

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si.  
NIP. 196307081995121001

digitally signed  
  
design.ipb.ac.id

Pembimbing 2:

Ardian Arif Setiawan, S.Si., M.Si  
NIP. 196307081995121001

digitally signed  
  
design.ipb.ac.id

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada W.P, S.Si., M.Si.  
NIP. 197205191997021001

digitally signed  
  
design.ipb.ac.id

Tanggal Ujian: 15 Juli 2025

Tanggal Lulus:



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PRAKATA

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga usulan penelitian dengan judul “Sensor Cahaya Berbasis Metal Feroelektrik Metal (Alumunium/Ba<sub>0,375</sub>Sr<sub>(0,625-x)</sub>Cu<sub>x</sub>TiO<sub>3</sub>/FTO) (x= 0%; 0,5%; 1%; 1,5%)” berhasil diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai karya hasil penelitian dan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak pihak yang turut membantu selama pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini. Melalui kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Erpendi dan Ibu Erpani selaku ayah dan ibu penulis, Ririn Amanda dan Razkia Putri Erpendi selaku adik penulis yang telah memberikan dukungan secara mental dan material serta memberikan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si. dan Bapak Ardian Arif Setiawan, S.Si., M.Si. selaku pembimbing yang telah membimbing dan memberi banyak saran.
3. Ibu Rima Fitria Adiati, S.T., M.T. dan Bapak Agus Kartono, S.Si., M.Si. selaku penguji pertama dan penguji kedua yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi kepada penulis.
4. Rament, yaitu Novia Fransiska; Ayu Lydia; dan Putri Meliana; RS+1 yaitu Dea Syalwa; Nadya Nurul; dan M. Ikbal selaku sahabat penulis yang banyak memberikan semangat, saran, motivasi, serta membantu dalam berbagai hal demi kelancaran kehidupan perkuliahan penulis.
5. Theophylix selaku teman fisika angkatan 58, rekan-rekan Prof Ir selaku teman seperbimbingan, Kak Fanny, Seventeen, serta teman-teman lain yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya selama proses penulisan ini.

Akhir kata, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya, Aamiin ya robbal alamin.

Bogor, Juli 2025

*Renny Apriani Dwika Saputri*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL</b>	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xvi
<b>I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	3
2.1 Film Tipis Barium Stronsium Titanat (BST)	3
2.2 Pendadah Cuprum atau Tembaga (II) Asetat ( $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ )	4
2.3 Metal Ferroelektrik Metal (MFM)	6
2.4 Metode <i>Chemical Solution Deposition</i>	7
2.5 Spin Coating	7
2.6 <i>Flourine-doped Tin Oxide</i> (FTO) Substrate	8
2.7 Sensor Cahaya	9
<b>III METODE PENELITIAN</b>	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.2.1 Alat Penelitian	11
3.2.2 Bahan Penelitian	11
3.3 Prosedur Sintesis Film Tipis	11
3.3.1 Persiapan Substrat	11
3.3.2 Pembuatan Larutan	12
3.3.3 Penumbuhan Film Tipis BST	12
3.3.4 <i>Annealing</i>	13
3.4 Uji Sifat Film Tipis	14
3.4.1 Perhitungan Ketebalan Film	14
3.4.2 Uji Sifat Optik	14
3.4.3 Uji Sifat Kristal	15
3.4.4 Uji Sifat Listrik	18
3.4.5 Uji Respon Sensor Cahaya	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;  
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	23
4.1 Perhitungan Ketebalan Film	23
4.2 Analisis Sifat Optik	24
4.3 Analisis Sifat Kristal	27
4.4 Analisis Sifat Listrik	31
4.5 Analisis Respon Sensor Cahaya	34
<b>V PENUTUP</b>	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	39
<b>LAMPIRAN</b>	47
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	74

## DAFTAR TABEL

1 Komposisi bahan pembuatan larutan prekursor pada kelarutan 0,5 M	12
2 Ketebalan Film $Ba_{0,375}Sr_{0,625}TiO_3$ didadah Cuprum	23
3 Energi band gap film tipis BST dengan variasi pendadah Cu	27
4 Nilai parameter kisi film $BaSrTiO_3$ dengan pendadah Cu	29
5 Perbandingan nilai momen dipol $Ba_{0,375}Sr_{0,625}TiO_3$	30
6 Perbandingan nilai polarisasi spontan $Ba_{0,375}Sr_{0,625}TiO_3$	31
7 Hasil respon sensor cahaya berstruktur MFM	35

## DAFTAR GAMBAR

1 (a) Struktur kristal perovskite BST ( $ABO_3$ ) pada fase tetragonal (Gao <i>et al.</i> 2019) (b) Salah satu probabilitas struktur $Ba_{0,375}Sr_{0,625}TiO_3$ (Nurzaman 2015)	3
2 Pengaruh ukuran jari-jari ion pendadah (Handayani <i>et al.</i> 2024)	5
3 a) Tampak atas struktur MFM b) Tampak samping struktur MFM	6
4 Metode chemical solution deposition (Biswas dan Su 2017)	7
5 Tahapan teknik spin coating (Mustafa dan Jameel 2021)	8
6 Substrat fluorine-doped tin oxide (FTO)	8
7 Proses annealing film BST di atas substrat pada suhu 550°C (modifikasi dari Anindy <i>et al.</i> 2021)	13
8 Skema pengujian XRD (Jung <i>et al.</i> 2023)	16
9 Hukum Bragg (Hachem <i>et al.</i> 2020)	17
10 Set-up sampel untuk pengujian sifat listrik	19
11 Sifat material berdasarkan nilai konduktivitas listriknya (Kwok 1995)	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



<b>12</b> Rangkaian uji respon sensor cahaya	21
<b>13</b> Hubungan Konsentrasi pendadah (%) dengan ketebalan film (nm)	24
<b>14</b> Grafik transmitansi (%) terhadap panjang gelombang (nm)	24
<b>15</b> Energi band gap film tipis BST dengan variasi konsentrasi pendadah Cu a) 0% b) 0,5% c) 1% d) 1,5%	26
<b>16</b> Hubungan intensitas terhadap sudut $2\theta$ pada pure FTO	28
<b>17</b> (a) Hubungan intensitas terhadap sudut $2\theta$ pada film tipis BST dengan variasi konsentrasi pendadah Cu (b) Puncak difraksi orientasi (1 1 2) pada $2\theta$ .	28
<b>18</b> Hubungan konduktivitas listrik dan Impedansi terhadap Frekuensi berdasarkan variasi konsentrasi pendadah a) 0% b) 0,5% c) 1% d) 1,5%	32
<b>19</b> Rangkaian uji respon sensor	34
<b>20</b> Respon sensor cahaya dengan kondisi (a) Ruang (b) Terang	35

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>1</b> Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	48
<b>2</b> Perhitungan stoikiometri	49
<b>3</b> Perhitungan ketebalan	57
<b>4</b> Perhitungan pita celah energi	58
<b>5</b> Perhitungan parameter kisi	61
<b>6</b> Perhitungan momen dipol dan polarisasi spontan	62
<b>7</b> Perhitungan uji sifat listrik	63
<b>8</b> Pembacaan tegangan pada sensor menggunakan Arduino IDE	66
<b>9</b> Kemungkinan susunan molekul pada struktur $Ba_{0,375}Sr_{0,625}TiO_3$	67

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak melengkapi kelenjungan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.