

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, material perovskit telah menjadi fokus penelitian intensif karena menunjukkan sifat listrik, magnetik, optik, dan elektrokimia yang unggul. Struktur kristal khas perovskit memiliki rumus umum  $ABO_3$ , di mana kation A umumnya merupakan logam tanah jarang atau logam alkali tanah, kation B merupakan logam transisi, dan O adalah oksigen. Kombinasi konfigurasi struktur ini memungkinkan perovskit memiliki berbagai sifat fungsional seperti feroelektrik, piezoelektrik, piroelektrik, superkonduktivitas suhu tinggi, sifat magnetik, serta aktivitas katalitik yang tinggi. Oleh karena itu, material perovskit banyak diaplikasikan dalam bidang elektronik, sensor, serta katalis kimia (Huang et al., 2018).

Secara umum, struktur perovskit juga dapat dinyatakan dalam bentuk  $ABX_3$ , di mana X adalah anion yang berikatan dengan kedua kation A dan B. Meskipun X umumnya berupa oksigen, dalam beberapa sistem dapat berupa halida, sulfida, maupun nitride (Khirade & Raut, 2022).

Salah satu metode sintesis material perovskit yang banyak digunakan adalah metode sol-gel. Metode ini merupakan teknik kimia basah yang mampu menghasilkan material dengan homogenitas tinggi, ukuran partikel nano hingga mikro, serta kontrol komposisi yang baik pada suhu reaksi relatif rendah. Prosesnya melibatkan reaksi hidrolisis dan kondensasi prekursor molekuler hingga membentuk gel, yang kemudian dikeringkan dan dikalsinasi untuk memperoleh serbuk oksida kristalin. Metode sol-gel dinilai ekonomis dan efektif dalam menghasilkan material untuk aplikasi optik, elektronik, energi, biosensor, serta teknologi pemisahan (Bokov et al., 2021).

Sensor kelembapan memainkan peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari pengolahan

makanan, pertanian, pemeliharaan instrumen medis, pemantauan cuaca, hingga penelitian laboratorium (Ullah et al., 2023).

Baru-baru ini, material perovskit muncul sebagai material yang menjanjikan untuk deteksi kelembapan. Salah satu contohnya adalah lantanum ortoferrit,  $\text{LaFeO}_3$ , yang menunjukkan konduktivitas elektronik dan ionik yang unggul, stabilitas termal yang sangat baik, serta metode sintesis yang relatif murah (Lee et al., 2021).

Dalam konteks sensor kelembapan, kekosongan oksigen pada  $\text{LaFeO}_3$  mengatur mekanisme deteksi kelembapan melalui mekanisme Grotthuss. Oleh karena itu, respons sensor sangat dipengaruhi oleh rasio luas permukaan terhadap volume, yang menjadi salah satu cara utama untuk meningkatkan sensitivitas (Guo et al., 2023).

Meskipun memiliki potensi besar, kinerja sensor kelembapan berbasis perovskit masih terbatas karena metode sintesis konvensional, seperti pada sintesis  $\text{LaFeO}_3$ , umumnya menghasilkan sampel dengan luas permukaan spesifik yang rendah, yaitu kurang dari  $10 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  (Acharya et al., 2020).

Sebagai upaya mengatasi hal tersebut, beberapa penelitian telah mengusulkan berbagai teknik untuk meningkatkan luas permukaan spesifik perovskit. Metode-metode tersebut meliputi pembentukan struktur berpori dan introduksi doping kation pada situs A/B. Pendekatan alternatif lainnya adalah dengan memasukkan kation  $\text{Mn}^{4+}$  ke dalam struktur perovskit, yang merupakan metode yang telah dikenal untuk meningkatkan luas permukaan spesifik  $\text{LaFeO}_3$  dengan cara memperkecil ukuran partikel (Shi et al., 2023).

Mekanisme konduksi pada sensor kelembapan keramik berpori berasal dari adsorpsi kimia (*chemisorption*) dan adsorpsi fisika (*physisorption*) molekul air pada permukaannya, serta kondensasi kapiler air di dalam pori-pori. Pada awalnya, pada kelembapan relatif (RH) rendah, molekul air terutama teradsorpsi secara kimia pada situs aktif permukaan material sensor. Mekanisme disosiasi menyebabkan terbentuknya gugus hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) dan proton ( $\text{H}^+$ ). Gugus  $\text{OH}^-$  teradsorpsi pada kation logam di permukaan butiran, sedangkan

proton berikatan dengan gugus  $O^{2-}$  di permukaan sehingga membentuk gugus hidroksil kedua. Proton yang berasal dari disosiasi gugus hidroksil ini bertindak sebagai pembawa muatan dan berpindah di antara gugus hidroksil. Dengan demikian, proses konduksi sensor terutama berasal dari adsorpsi air pada permukaan sampel. Oleh karena itu, sifat sensor yang baik pada  $LaFeO_3$  berkaitan dengan luas permukaan dan porositas yang tinggi, yang menyediakan lebih banyak situs aktif untuk adsorpsi air dan menghasilkan lebih banyak pembawa muatan untuk konduksi listrik (Zhou et al., 2023).

Penelitian ini difokuskan pada sintesis dan karakterisasi material perovskit  $LaFe_{0.9}Mn_{0.1}O_3$  menggunakan metode sol-gel. Karakterisasi dilakukan untuk menganalisis struktur kristal, komposisi unsur, morfologi, sifat optik, serta performa sensor kelembapan. Karakterisasi struktur kristal dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), komposisi unsur menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), morfologi menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FE-SEM), sifat optik menggunakan

*Ultraviolet-Visible Spectroscopy* (UV-Vis). Evaluasi kinerja sensor dilakukan melalui pengujian respons terhadap kelembapan relatif (*Relative Humidity*).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material sensor berbasis perovskit dengan performa yang lebih baik, khususnya dalam aplikasi sensor kelembapan berbasis  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$ .

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi Mn terhadap sifat struktur dan sifat optik material nano perovskite  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  yang disintesis dengan metode sol-gel?
2. Bagaimana pengaruh substitusi Mn pada  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  terhadap sifat dinamis (waktu respon, histeresis, waktu pemulihan) sensor kelembapan?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, bahwa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari pengaruh substitusi Mn terhadap sifat struktur dan sifat optik material nano perovskite  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  yang disintesis dengan metode sol-gel.
2. Menganalisis pengaruh substitusi Mn pada  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  terhadap sifat dinamis (waktu respon, histeresis, waktu pemulihan) sensor kelembapan.

## **D. Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:



1. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh substitusi terhadap sifat struktur dan sifat optik material nano perovskite  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  yang disintesis dengan metode sol-gel.
2. Menjadi referensi ilmiah bagi penelitian lanjutan mengenai optimalisasi kinerja material perovskite  $\text{LaFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  dalam aplikasi sensor kelembapan.

