

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang elektronik dan energi yang sangat pesat mendorong kebutuhan akan material fungsional yang memiliki kinerja tinggi, stabilitas termal yang baik, serta ramah lingkungan. Salah satu material yang mendapat perhatian besar adalah material feroelektrik, yaitu material yang memiliki polarisasi spontan yang dapat dibalik oleh medan listrik eksternal. Sifat ini menjadikan material feroelektrik penting dalam berbagai aplikasi modern seperti kapasitor dielektrik, memori *non-volatile* (FeRAM), perangkat optoelektronik, dan sistem penyimpanan energi¹.

Material feroelektrik konvensional yang umum digunakan saat ini adalah PZT (*Lead Zirconate Titanate*) yang mana mengandung unsur timbal (Pb), menjadikan limbahnya bersifat toksik dan berbahaya bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Kandungan timbal dalam material elektronik telah menjadi perhatian global, sehingga regulasi internasional seperti *Restriction of Hazardous Substances* (RoHS) telah membatasi penggunaannya. Oleh karena itu, pengembangan material feroelektrik bebas timbal (*lead-free*) menjadi penting untuk mendukung teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan^{2,3}.

Salah satu kelompok material feroelektrik yang menarik untuk dikembangkan adalah senyawa berfasa Aurivillius atau dikenal juga sebagai *Bismuth Layer-Structured Ferroelectrics* (BLSFs). Struktur senyawa ini terdiri dari lapisan perovskit ($A_{n-1}B_nO_{3n+1}$)²⁻ yang diselingi oleh lapisan bismut oksida (Bi_2O_2)²⁺, dengan jumlah lapisan perovskit ditentukan oleh bilangan n . Struktur berlapis ini memberikan kestabilan termal yang tinggi, serta memungkinkan rekayasa sifat listrik melalui modifikasi struktur kristalnya⁴.

$CaBi_2Nb_2O_9$ (CBN) merupakan salah satu kategori material BSLFs yang menjanjikan untuk dikembangkan, karena tidak beracun, dan memiliki kestabilan termal pada suhu tinggi sehingga sangat berpotensi pada aplikasi suhu tinggi. Namun, kinerjanya sifat kelistrikannya masih perlu ditingkatkan, seperti konstanta dielektrik, polarisasi spontan, dan efisiensi energi. Salah satu pendekatan yang efektif untuk meningkatkan sifat-sifat tersebut adalah melalui substitusi kation (doping). Dalam hal ini, ion Sn^{2+} digunakan sebagai dopan pada situs A untuk menggantikan sebagian ion Ca^{2+} . Ion Sn^{2+} memiliki jari-jari ionik yang serupa dengan Ca^{2+} dan mampu menghasilkan distorsi lokal pada struktur BO_6 , yang dapat meningkatkan interaksi dipol. Selain itu, doping Sn^{2+} berpotensi menghasilkan sifat relaksor feroelektrik, yaitu kondisi di mana respon dielektrik bersifat menyebar terhadap suhu dan frekuensi, yang sangat sesuai untuk aplikasi penyimpanan energi berkapasitas tinggi⁵.

Metode yang dipilih untuk mensintesis senyawa ini adalah metode lelehan garam (*molten salt method*), dengan menggunakan campuran garam NaCl-KCl sebagai media reaksi. Metode ini memiliki keunggulan berupa penurunan suhu sintesis, peningkatan laju difusi ionik,

pengendalian pertumbuhan kristal yang lebih baik, serta menghasilkan morfologi partikel yang seragam dan kristalinitas tinggi jika dibandingkan dengan metode sintesis lain⁶.

Senyawa Aurivillius $\text{Ca}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ yang dimodifikasi dengan Sn^{2+} diharapkan mampu menjadi material yang kompetitif untuk penyimpanan energi ramah lingkungan yang memiliki stabilitas yang sangat baik pada suhu tinggi. Analisis dilakukan terhadap struktur kristal, morfologi permukaan, serta sifat dielektrik dan optik untuk mengetahui pengaruh substitusi kation Sn^{2+} terhadap kinerja material. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material penyimpanan energi masa depan yang efisien, stabil, dan ramah lingkungan⁷.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diajukan permasalahan, yaitu:

1. Apakah senyawa Aurivillius lapis dua $\text{Ca}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ berhasil disintesis menggunakan metode lelehan garam?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi doping ion Sn^{2+} terhadap struktur dan morfologi senyawa Aurivillius lapis dua $\text{CaBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$?
3. Bagaimana pengaruh pendopingan Sn^{2+} terhadap sifat dielektrik, nilai *band gap*, feroelektrik, dan efisiensi penyimpanan energi listrik pada senyawa Aurivillius lapis dua $\text{Ca}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mensintesis senyawa Aurivillius lapis dua $\text{Ca}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ berfasa tunggal menggunakan metode lelehan garam
2. Menganalisis pengaruh variasi doping ion Sn^{2+} terhadap struktur dan morfologi senyawa Aurivillius lapis dua $\text{CaBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$
3. Menganalisis pengaruh pendopingan Sn^{2+} terhadap sifat dielektrik, nilai *band gap*, feroelektrik, dan efisiensi penyimpanan energi listrik pada senyawa Aurivillius lapis dua $\text{Ca}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan senyawa baru yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan kapasitor dielektrik yang memiliki kinerja dielektrik dan efisiensi penyimpanan energi listrik yang tinggi. Selain itu, data yang dihasilkan diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan aplikasi material dielektrik yang stabil pada suhu tinggi.