

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri teknologi yang sangat pesat menuntut penemuan material cerdas yang memiliki kinerja dan efisiensi energi produk yang baik. Material cerdas didefinisikan sebagai material yang memiliki sifat ganda sehingga dapat diubah atau dikendalikan sifatnya oleh rangsangan eksternal yang diberikan. Material cerdas memiliki sifat dasar ferroik, biferroik, dan multiferroik. Material bersifat ferroik dikelompokkan menjadi tiga golongan yaitu feroelektrik, feromagnetik, dan feroelastik. Material bersifat feroelektrik mempunyai nilai polarisasi spontan, polarisasi akan meningkat seiring dengan peningkatan medan listrik eksternal yang diberikan¹. Polarisasi ini mampu menahan arus listrik yang dialirkan akibat muatan negatif bergerak menuju kutub positif dari medan listrik, sedangkan muatan positif bergerak menuju kutub negatif dari medan listrik. Kemampuan material feroelektrik untuk menahan arus listrik yang diberikan akibat pengutuban muatan disebut sifat dielektrik².

Pemanfaatan sifat dielektrik ini dapat diaplikasikan dalam perangkat pendingin modern elektroklorik sebagai alternatif pengganti kompresor uap yang mengonsumsi energi dalam jumlah besar pada sistem pendingin konvensional. Penggunaan material elektroklorik ini memiliki beberapa keunggulan seperti lebih efisien energi serta ukurannya yang lebih kecil². Senyawa PbZrTiO_3 (PZT) telah banyak mendapat perhatian dalam beberapa tahun terakhir sebagai material elektroklorik yang menjanjikan karena memiliki nilai penurunan temperatur (ΔT) paling besar akibat sifat feroelektrik yang dimilikinya. Namun, adanya kandungan timbal (Pb) membatasi penggunaan senyawa PZT ini³.

Senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBN) merupakan salah satu jenis oksida logam yang paling menjanjikan untuk menggantikan senyawa PZT sebagai material elektroklorik karena bebas timbal (Pb) serta memiliki sifat feroelektrik. Fitur menarik dari senyawa Aurivillius adalah sifat relaksornya yang dicirikan oleh terjadinya dispersi suhu transisi fasa feroelektrik-paraelektrik atau biasa dikenal sebagai suhu Curie (T_c) yang menyebabkan senyawa Aurivillius memiliki daya tahan kelelahan yang tinggi, remanen polarisasi yang besar, serta konstanta dielektrik yang tinggi sehingga menunjukkan sifat fisik menarik dan relevan untuk aplikasi tingkat lanjut dibandingkan material elektroklorik lainnya²⁴. Senyawa SBN merupakan salah satu dari senyawa Aurivillius lapis dua, tersusun atas dua lapis perovskit $[\text{SrNb}_2\text{O}_7]^{2-}$ yang diapit oleh lapis bismut $[\text{Bi}_2\text{O}_2]^{2+}$ sepanjang sumbu c. Senyawa SBN menunjukkan

sifat normal feroelektrik, struktur kristal nonsentrosimetri ortorombik dengan grup ruang $A21am$, serta suhu T_c yang tinggi. Senyawa Aurivillius lapis dua umumnya memiliki $T_c \geq 900^\circ\text{C}^{5,6}$. Tingginya suhu T_c membuat senyawa SBN kurang menarik untuk diaplikasikan sebagai material elektrokalorik, diharapkan untuk material elektrokalorik ini memiliki suhu T_c lebih rendah atau mendekati suhu ruang.

Eksplorasi senyawa SBN dalam upaya penurunan suhu T_c , peningkatan sifat dielektrik, serta peningkatan sifat relaksor feroelektrik material dapat dilakukan dengan pendopongan unsur tanah jarang (Ln^{3+}) seperti La^{3+} , Sm^{3+} , Nd^{3+} , atau Pr^{3+} pada lapis bismut^{7,8}. Pendopongan 0,5 mol Sm^{3+} terhadap lapis bismut pada senyawa $\text{SrBi}_{2-x}\text{Sm}_x\text{Nb}_2\text{O}_9$ berhasil menurunkan suhu T_c dari 460°C menjadi 370°C serta menyebabkan sifat relaksor feroelektrik pada suhu yang lebih rendah, selain itu terlihat bahwa seiring dengan peningkatan jumlah dopan Sm^{3+} yang ditambahkan nilai *loss* dielektrik yang dihasilkan semakin menurun. Penurunan *loss* dielektrik ini diakibatkan oleh kestabilan ikatan Ln-O dibandingkan Bi-O sehingga mengurangi konsentrasi kekosongan oksigen⁶. Pendopongan 0,6 mol La^{3+} terhadap senyawa $\text{SrBi}_{2-x}\text{La}_x\text{Nb}_2\text{O}_9$ dapat menurunkan suhu T_c dari 440°C menjadi 290°C^5 . Selain pendopongan lapis bismut dengan unsur tanah jarang, pendopongan kation A pada lapis perovskit dengan beberapa unsur dapat menyebabkan penurunan suhu T_c sekaligus distribusi ulang kation-kation dengan pembentukan titik pusat muatan yang dapat memperluas difusi suhu transisi fasa feroelektrik-paraelektrik sehingga meningkatkan sifat relaksor feroelektrik. Pendopongan 0,5 mol Ba^{2+} terhadap Sr^{2+} pada lapis perovskit senyawa $\text{SrBi}_2(\text{Nb}_{0,2}\text{Ta}_{0,8})_2\text{O}_9$ efektif menurunkan suhu T_c serta menyebabkan material bersifat relaksor⁹. Relaksor berbasis Ba^{2+} ini menunjukkan karakteristik tahanan polarisasi yang tinggi⁷.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa induk $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBN) melalui pendopongan 0,2 mol Ba^{2+} terhadap Sr^{2+} pada lapis perovskit senyawa SBN. Senyawa $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_{1,875}\text{La}_{0,125}\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBLN) disintesis dengan pendopongan 0,2 mol Ba^{2+} terhadap Sr^{2+} pada lapis perovskit sekaligus pendopongan 0,125 mol La^{3+} terhadap Bi^{3+} pada lapis bismut senyawa SBN. Sintesis dilakukan menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ dengan rasio prekursor terhadap garam 1:7¹⁰. Penggunaan fluks garam sebagai media reaksi memiliki beberapa keuntungan dibandingkan metode *solid state* yang biasa digunakan dalam sintesis senyawa feroelektrik di antaranya seperti suhu sintesis lebih rendah, difusi ion lebih cepat, laju reaksi pemanasan lebih cepat, serta homogenitas yang lebih tinggi¹⁰. Penggunaan variasi garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ ini bertujuan untuk

membandingkan jenis garam yang bagus sebagai media reaksi sintesis senyawa Aurivillius SBBN dan SBBLN berdasarkan mobilitas ion selama reaksi, nilai titik leleh yang lebih rendah dibandingkan prekursor yang direaksikan, serta kemudahan garam untuk dapat larut dalam air saat pencucian agar diperoleh senyawa SBBN dan SBBLN berfasa tunggal dengan sifat dielektrik yang paling baik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah sintesis senyawa Aurivillius $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBN) dan $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_{1,875}\text{La}_{0,125}\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBLN) menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ dapat menghasilkan fasa tunggal?
2. Bagaimana perubahan struktur senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ yang didoping dengan Ba^{2+} dan La^{3+} menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$?
3. Bagaimana pengaruh dopan Ba^{2+} dan La^{3+} terhadap sifat dielektrik senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh variasi campuran garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ dalam sintesis senyawa Aurivillius $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBN) dan $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_{1,875}\text{La}_{0,125}\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBLN) berfasa tunggal.
2. Menganalisis perubahan struktur hasil sintesis senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ yang didoping dengan Ba^{2+} dan La^{3+} menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$.
3. Menganalisis pengaruh dopan Ba^{2+} dan La^{3+} terhadap sifat dielektrik senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian terhadap senyawa Aurivillius $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBN) dan $\text{Sr}_{0,8}\text{Ba}_{0,2}\text{Bi}_{1,875}\text{La}_{0,125}\text{Nb}_2\text{O}_9$ (SBBLN) diharapkan dapat memberikan informasi mengenai variasi campuran garam yang terbaik dalam sintesis senyawa Aurivillius yang mengandung kation Ba^{2+} . Senyawa yang disintesis juga diharapkan dapat dimanfaatkan untuk aplikasi sistem pendingin modern yang lebih efisien energi dan ramah lingkungan.