

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi listrik telah dilaporkan semakin meningkat dimasa mendatang. Menurut data Kementrian Energi dan Sumber Mineral (ESDM) peningkatan pelanggan listrik per September 2021 melebihi target yaitu sekitar 102,6%¹. Penggunaan sumber energi tak terbarukan berpotensi tinggi akan merusak lingkungan, terutama udara, dan ketersediaan minyak bumi, gas dan batu bara sebagai bahan bakar fosil lambat laun akan habis jika digunakan tanpa henti. Penciptaan dan penerapan energi baru dan terbarukan (EBT) yang ramah lingkungan dan berkelanjutan merupakan salah satu strategi yang digunakan Indonesia untuk mengatasi permasalahan ini. Menurut informasi yang diperoleh dari *Institute for Essential Services Reform* pada tahun 2017, daya muat energi terbarukan Indonesia yang meliputi panas bumi, angin, air, mikrohidro, matahari, bioenergi, dan laut (misalnya gelombang air laut atau pasang surut air laut) adalah sebesar 8.215,5 MW².

Teknologi generator termoelektrik merupakan sumber energi terbarukan untuk energi listrik yang dapat mengubah panas menjadi energi listrik secara langsung, sehingga berpotensi menjadi pembangkit listrik dan pendingin konvensional alternatif yang efektif³ dengan menerapkan efek *Seebeck* dari kombinasi dua logam dengan muatan yang berbeda.

Bi_2Te , PbTe , dan SrTiO_3 merupakan senyawa yang sering digunakan sebagai bahan termoelektrik dengan tingkat efisiensi yang tinggi pada temperatur rendah⁴. Akan tetapi, paduan logam $\text{Bi}_2\text{Te}/\text{PbTe}$ memiliki kelemahan, dimana logam timbal dan telurium bersifat toksik. Oleh karena itu, oksida logam seperti SrTiO_3 lebih berpotensi karena tidak beracun, memiliki stabilitas termal dan efisiensi konversi energi berpotensi ditingkatkan. Kinerja konversi energi (ZT) SrTiO_3 yang masih rendah dapat ditingkatkan melalui peningkatan konduktivitas listrik material⁵.

Peningkatan konduktivitas listrik senyawa SrTiO_3 dapat dilakukan melalui pendopongan dengan ion valensi yang lebih besar dari ion induk pada situs A atau situs B. Hal ini akan meningkatkan konsentrasi elektron pembawa melalui kelebihan elektron dari dopan⁶. Menurut Prasanth.C.S,dkk. pendopongan dengan Nb^{5+} pada situs B dengan konsentrasi 10% mol dapat meningkatkan konduktivitas listrik⁷. Sementara itu, Orlov, dkk melaporkan bahwa substitusi logam tanah jarang seperti Sm pada situs Sr^{2+} juga mampu meningkatkan konduktivitas listrik melalui modifikasi struktur dan mobilitas elektron⁸. Melalui dua pendekatan tersebut strategi pendopongan ganda sekaligus (*codoping*) diharapkan dapat menghasilkan efek sinergis, sehingga berpotensi meningkatkan konduktivitas listrik dan performa termoelektrik SrTiO_3 secara lebih efektif dibandingkan penggunaan dopan tunggal.

Senyawa SrTiO_3 murni umumnya dapat disintesis melalui berbagai metode yaitu hidrotermal, solvotermal, kopresipitasi, sol-gel, *solid state reaction*, difusi konvensional, dan metode lelehan garam. Setiap metode memiliki keunggulan masing-masing dalam menghasilkan kristalinitas, ukuran, morfologi, keseragaman dan bentuk nanopartikel dari

SrTiO_3 ⁹. Metode *solid state reaction* merupakan metode yang paling sederhana namun umumnya memerlukan suhu yang tinggi dan menghasilkan ukuran partikel yang relatif besar¹⁰. Metode hidrotermal dan solvothermal menghasilkan SrTiO_3 dengan kristalinitas yang baik dan morfologi terkontrol, tetapi tahapan sintesisnya lebih kompleks dan membutuhkan waktu yang lama^{9,11}, metode sol-gel dan kopresipitasi menghasilkan SrTiO_3 dengan kristalinitas yang rendah, rentan mengalami aglomerasi dan morfologinya sulit terkontrol^{9,12}. Sebaliknya, metode lelehan garam menawarkan beberapa keunggulan antara lain suhu sintesis yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan *solid state reaction* akibat keberadaan garam yang menjadi larutan padat sehingga difusi ion lebih tinggi, mudah dilakukan, reaksi lebih cepat terjadi dan menghasilkan morfologi yang seragam serta kristalinitas yang baik. Selain itu metode lelehan garam cocok diterapkan untuk skala industri¹³.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya telah dilakukan sintesis SrTiO_3 doping ganda pada suhu 900 °C dengan La^{3+} dan Nb^{5+} menggunakan metode *molten salt* dan menghasilkan distribusi ukuran partikel yang seragam berbentuk kubus, berukuran 185 nm dengan nilai hantaran listrik $82,4 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ dengan memvariasikan mol La^{3+} ¹⁴. Nilai ini masih dapat ditingkatkan melalui pendopingan dengan ion logam tanah jarang seperti Sm^{3+} yang memiliki ukuran jari-jari ion lebih kecil dari La^{3+} , sehingga disarankan untuk memvariasikan dopan dengan ion bervalensi tinggi lainnya pada situs A agar dapat mendapatkan hasil yang lebih optimal sebagai material termoelektrik¹⁵. Penelitian ini dirancang untuk menghasilkan kombinasi doping Sm-Nb dengan memvariasikan mol Sm^{3+} yang diharapkan mampu meningkatkan hantaran listrik SrTiO_3 secara signifikan dan meningkatkan sifat termoelektrik SrTiO_3 secara keseluruhan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah senyawa SrTiO_3 doping ganda ion logam Sm^{3+} dan Nb^{5+} bisa disintesis melalui metode lelehan garam?
2. Apa saja pengaruh pendopingan ion logam Sm^{3+} dan Nb^{5+} terhadap struktur kristal dan morfologi senyawa SrTiO_3 ?
3. Berapakah nilai hantaran listrik SrTiO_3 yang didoping ion logam Sm^{3+} dan Nb^{5+} ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis senyawa SrTiO_3 doping ganda ion logam Sm^{3+} dan Nb^{5+} dengan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh pendopingan ganda ion logam Sm^{3+} dan Nb^{5+} terhadap struktur kristal dan morfologi senyawa SrTiO_3 .
3. Menghitung nilai konduktivitas listrik senyawa SrTiO_3 doping ganda ion logam Sm^{3+} dan Nb^{5+} .

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan data tentang pendopongan samarium dan niobium pada perovskit SrTiO_3 dalam pengembangan material termoelektrik untuk energi terbarukan yang berkelanjutan, sehingga kami menawarkan penyelesaian untuk mengubah energi panas yang terbuang menjadi energi listrik.

