

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi energi di seluruh dunia yang meningkat dan tuntutan akan pelestarian lingkungan mengakibatkan pengembangan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, atau panas bumi meningkat dengan pesat, sehingga mengarah pada permintaan penyimpanan energi yang efisien dan andal untuk listrik yang dihasilkan dari sumber-sumber terbarukan ini¹. Sistem penyimpanan energi komersial saat ini dapat dibagi menjadi sistem baterai, kapasitor elektrokimia, kapasitor dielektrik (elektrostatik) dan sel bahan bakar. Di antara sistem penyimpanan tersebut, kapasitor dielektrik diketahui memiliki kerapatan daya yang lebih tinggi (hingga $10^3 \sim 10^8$ W/kg), waktu pengisian dan pengosongan yang lebih cepat ($\sim \mu\text{s}$) dan beroperasi pada tegangan kerja yang tinggi sehingga sangat berpotensi untuk aplikasi yang membutuhkan daya yang besar dalam waktu yang singkat². Beberapa contoh perangkat yang memerlukan kapasitor dielektrik ialah defibrilator, laser, flash kamera, generator turbin angin, rudal balistik, mobil listrik dan sistem penggerak roket³.

Kapasitor dielektrik terdiri dari bahan dielektrik yang disisipkan di antara dua elektroda. Bahan dielektrik umumnya memanfaatkan senyawa bersifat feroelektrik di mana energi listrik disimpan dalam bentuk momen dipol pada struktur kristal senyawa tersebut. Suhu transisi fasa (T_c) yang tinggi dari senyawa feroelektrik juga berkaitan dengan kestabilan termal perangkat penyimpanan ini⁴. Senyawa feroelektrik berbasis oksida timbal (timbal zirkonium titanat) sebelumnya banyak diteliti pada tahun 2000-an sebagai bahan kapasitor dielektrik, karena senyawa ini menunjukkan kerapatan energi yang lebih tinggi. Namun, penggunaan timbal sangat dihindari saat ini karena dapat mencemari lingkungan secara serius dan membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, eksplorasi bahan kapasitor dielektrik bebas timbal menjadi perhatian peneliti saat ini, salah satunya adalah senyawa oksida berfasa perovskit. Senyawa perovskit berstruktur ABO_3 tersusun atas kation A yang bermuatan mono, di, atau trivalensi (Na^+ , K^+ , Sr^{2+} , Bi^{3+} , Ln^{3+}), kation B dari golongan transisi (Fe^{3+} , Ti^{4+} , Nb^{5+} , dll) dan anion O^{2-} . Sifat feroelektrik dari senyawa ini dihasilkan karena struktur oktahedral BO_6 yang mudah terdistorsi dan pergeseran kation A dari pusat struktur. Struktur yang terdistorsi ini juga dikaitkan erat dengan suhu transisi yang tinggi sehingga senyawa perovskit ABO_3 menjadi kandidat penting sebagai bahan kapasitor dielektrik saat ini⁵.

Senyawa perovskit BaTiO_3 merupakan salah satu bahan feroelektrik bebas timbal yang berpotensi sebagai bahan kapasitor dielektrik, dibuktikan dengan konstanta dielektrik yang tinggi (~ 4000) dan kehilangan dielektrik yang rendah ($< 0,05$) pada variasi suhu 25-115 °C. Selain itu, BaTiO_3 juga memiliki *loop* polarisasi-medan listrik (P - E) dengan polarisasi maksimum yang tinggi ($32,66 \mu\text{C}/\text{cm}^2$). Namun, diketahui BaTiO_3 memiliki efisiensi (η) yang masih rendah (40%) karena bersifat feroelektrik normal yang memiliki polarisasi sisa yang tinggi. Lebih lanjut, BaTiO_3 juga memiliki stabilitas termal yang buruk pada aplikasi suhu tinggi

karena memiliki suhu transisi fasa (T_c) yang rendah (~ 120 °C). Ketika suhu melebihi T_c , BaTiO_3 akan kehilangan sifat feroelektriknya, sehingga konstanta dielektriknya menurun drastis, menyebabkan penurunan kapasitas penyimpanan energi⁶.

Peningkatan rapat energi dan efisiensi penyimpanan energi pada kapasitor dielektrik dapat mencapai 40% lebih tinggi dilakukan dengan mengubah sifat feroelektrik menjadi relaksor feroelektrik melalui kombinasi fasa perovskit. Zhang dkk.⁷ melaporkan bahwa BaTiO_3 yang digabungkan dengan $\text{Bi}(\text{Mg}_{0,5}\text{Ti}_{0,5})\text{O}_3$ menghasilkan sifat relaksor feroelektrik yang tidak lagi menunjukkan T_c . Kombinasi dari 2 perovskit ini memiliki T_{max} , suhu di mana konstanta dielektrik mencapai puncaknya, yang terjadi di sekitar 270 °C, jauh lebih tinggi dari T_c BaTiO_3 murni. Lin dkk.⁸ Juga melaporkan bahwa BaTiO_3 yang digabungkan dengan $(\text{Mg}_{0,73}\text{Ti}_{0,09})\text{NbO}_3$ menghasilkan efisiensi penyimpanan hingga 87% yang stabil pada suhu (25-100 °C). Dengan demikian, penelitian saat ini difokuskan untuk mendapatkan sifat relaksor feroelektrik melalui penggabungan dua atau lebih senyawa perovskit sesuai dengan keunggulan masing-masing fasa.

Salah satu senyawa perovskit bebas timbal yang menarik diteliti adalah BiFeO_3 karena memiliki T_c yang tinggi (~ 830 °C) dan polarisasi maksimum yang sangat tinggi, bahkan lebih dari $100 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ⁹. Penggabungan dua senyawa perovskit BaTiO_3 dan BiFeO_3 akan meningkatkan stabilitas termal sekaligus memunculkan sifat relaksor yang menghasilkan efisiensi penyimpanan yang lebih tinggi. Eksplorasi senyawa perovskit bersifat relaksor feroelektrik merupakan penelitian yang menarik saat ini dalam fokus penyimpanan energi yang ditunjukkan dengan peningkatan signifikan publikasi penelitian tentang topik ini.

Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan berfokus pada eksplorasi senyawa perovskit dengan formula $(1-x)\text{BaTiO}_3-(x)\text{BiFeO}_3$ dan potensinya sebagai bahan penyimpan energi listrik. Teknik sintesis yang digunakan adalah lelehan garam menggunakan campuran garam NaCl/KCl sebagai media reaksi. Selanjutnya, dilakukan analisis karakteristik senyawa produk, sifat listrik dan parameter penyimpan energi secara lengkap untuk membuktikan potensi senyawa ini sebagai bahan kapasitor dielektrik penyimpan energi listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diajukan permasalahan, yaitu:

1. Apakah senyawa perovskit BaTiO_3 dengan modifikasi BiFeO_3 berhasil disintesis dengan menggunakan metode lelehan garam?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi BiFeO_3 terhadap struktur, morfologi, dan sifat listrik dari senyawa produk?
3. Bagaimana kinerja dan efisiensi penyimpanan energi listrik dari senyawa produk yang disintesis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mensintesis senyawa perovskit dengan formula $(1-x)\text{BaTiO}_3-(x)\text{BiFeO}_3$ menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi BiFeO_3 terhadap perubahan struktur, morfologi, dan sifat listrik dari senyawa produk.
3. Menganalisis kinerja dan efisiensi penyimpanan energi listrik dari senyawa produk yang disintesis.

1.4 Manfaat Penelitian

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

