

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah era industrialisasi, teknologi menjadi salah satu elemen penting yang perlu dikembangkan untuk mendukung kemajuan peradaban. Perkembangan teknologi ini disertai dengan peningkatan penelitian tentang eksplorasi material baru yang digunakan sebagai bahan baku untuk perangkat elektronik portabel. Dengan demikian, pengembangan perangkat penyimpanan energi menjadi salah satu fokus utama sebagai komponen penting dalam berbagai perangkat elektronik¹. Saat ini, berbagai sistem penyimpanan energi seperti kapasitor dielektrik, kapasitor elektrokimia, baterai, dan sel bahan bakar tengah gencar dikembangkan karena memiliki kemampuan penyimpanan energi yang unggul².

Dalam beberapa tahun terakhir, sistem penyimpanan energi berbasis kapasitor dielektrik telah mengalami perkembangan signifikan dengan menggunakan bahan feroelektrik. Dielektrik kapasitor sebagai perangkat penyimpanan energi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan perangkat komersial lainnya. Keunggulan tersebut meliputi ukuran yang lebih kecil dan ringan, masa pakai yang lebih panjang, waktu pengisian yang lebih cepat, rapat daya yang 10-100 kali lebih besar, efisiensi penyimpanan yang mencapai 90%, serta kestabilan termal dalam suhu operasi 200-500°C^{3,4}. Kapasitor dielektrik yang dikembangkan saat ini banyak menggunakan material feroelektrik, yang berfungsi menyimpan energi dengan menciptakan momen dipol selama proses pengisian. Kinerja dan karakteristik penyimpanan energi dari kapasitor dielektrik sangat dipengaruhi oleh sifat feroelektrik dari material yang digunakan⁵. Sifat feroelektrik ini juga dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi lain, seperti kapasitor, memori RAM, perangkat pembangkit listrik piezoelektrik, tampilan optik, serta berbagai perangkat elektronik lainnya⁶.

Senyawa feroelektrik dengan struktur perovskit ABO_3 merupakan salah satu kandidat utama untuk bahan penyimpan energi, karena sifat feroelektriknya. Struktur perovskit ABO_3 terdiri dari kation A yang memiliki valensi satu, dua, atau tiga (seperti Li^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Bi^{3+} , dan Ln^{3+}), kation B dari unsur-unsur logam transisi (seperti Ti^{4+} , Nb^{5+} , Fe^{3+} dan lainnya), serta anion O^{2-} ⁷. Sifat feroelektrik pada senyawa ini berhubungan dengan distorsi struktur oktahedral BO_6 dan pergeseran kation A dari posisi pusat dalam struktur perovskit, yang menciptakan momen dipol pada muatan. Derajat distorsi struktur perovskit juga memiliki hubungan erat dengan suhu transisi feroelektrik (T_c), di mana distorsi yang lebih besar umumnya menyebabkan peningkatan suhu T_c . Suhu transisi ini sangat penting pada material feroelektrik, karena menandai perubahan dari sifat feroelektrik menjadi paraelektrik, yang berdampak pada penurunan kemampuan polarisasi material tersebut⁸.

Senyawa perovskit $BaTiO_3$ adalah salah satu material feroelektrik yang menjanjikan untuk aplikasi kapasitor dielektrik, terbukti dari konstanta dielektriknya yang tinggi (sekitar 4000) dan kehilangan dielektrik yang rendah (kurang dari 0,05) dalam rentang suhu antara 25 sampai 115°C. Selain itu, $BaTiO_3$ memiliki loop polarisasi medan listrik ($P-E$) dengan polarisasi

maksimum yang cukup tinggi ($32,66 \mu\text{C}/\text{cm}^2$). Namun, BaTiO_3 diketahui memiliki stabilitas termal yang kurang baik pada aplikasi bersuhu tinggi, karena suhu transisi fasanya (T_c) yang rendah (sekitar 120°C). Ketika suhu melampaui T_c , BaTiO_3 kehilangan sifat feroelektriknya, yang menyebabkan penurunan drastis pada konstanta dielektriknya dan mengurangi kapasitas penyimpanan energi. Selain itu, efisiensi BaTiO_3 (η) masih tergolong rendah (40%) akibat tingginya polarisasi sisa ($11,69 \mu\text{C}/\text{cm}^2$)⁹. Peningkatan rapat daya dan efisiensi penyimpanan energi pada kapasitor dielektrik dapat meningkat hingga lebih dari 40% dengan mengubah karakteristik feroelektrik menjadi relaksor feroelektrik melalui kombinasi fase perovskit. Lin dkk.¹⁰ melaporkan bahwa BaTiO_3 yang dikombinasikan dengan $(\text{Mg}_{0,73}\text{Ti}_{0,09})\text{NbO}_3$ mencapai efisiensi penyimpanan yang stabil hingga 87% pada rentang suhu $25\text{-}100^\circ\text{C}$. Sifat relaksor feroelektrik muncul akibat ketidakaturan posisi kation A dan B dalam senyawa perovskit, serta perbedaan jari-jari kation yang menyebabkan distorsi struktur menjadi lebih signifikan¹¹. Modifikasi menggunakan material dengan struktur perovskit LiNbO_3 , yang memiliki suhu transisi Curie (T_c) sekitar 1200°C dan energi celah pita (E_g) sebesar 3,91 eV memberikan keuntungan. Hal ini bertujuan untuk menggabungkan keunggulan sifat dari masing-masing fasa material dan sekaligus memunculkan karakteristik relaksor dengan parameter penyimpanan energi yang optimal¹². Selain itu ukuran jari-jari ion Li^+ yang lebih kecil diharapkan menghasilkan struktur kristal yang lebih terdistorsi pada sistem BaTiO_3 ¹³.

Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan ini berfokus pada eksplorasi senyawa perovskit baru dengan formula $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ 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 sintesis senyawa perovskite $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ berhasil dilakukan dengan menggunakan metode lelehan garam?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi x terhadap struktur, morfologi, sifat listrik dari senyawa produk?
3. Bagaimana parameter penyimpanan energi listrik dari senyawa produk?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis senyawa perovskite baru dengan formula $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ dengan menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi x terhadap perubahan struktur, morfologi, sifat listrik dari senyawa produk.
3. Menganalisis parameter penyimpanan energi listrik dari senyawa produk.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berupa produk senyawa perovskit $\text{Ba}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ dengan variasi komposisi yang berhasil disintesis menggunakan lelehan garam yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai dielektrik kapasitor penyimpan listrik.

