

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan pengetahuan serta kemajuan teknologi pada sekarang ini menjadi tantangan bagi para peneliti untuk terus mengeksplor material-material baru yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam perangkat penyimpanan energi dalam elektronik. Seiring dengan eksplorasi energi terbarukan, sistem penyimpanan energi terus mengalami perubahan dan perbaikan. Perangkat penyimpan energi berbasis sistem kapasitor dielektrik merupakan salah satu perangkat yang dapat memastikan masa depan energi yang berkelanjutan dan juga efisien¹.

Secara teori, kapasitor dielektrik memiliki kepadatan daya yang sangat tinggi ($\sim 10^7$ W kg^{-1}), memungkinkan mereka untuk melepaskan energi dalam waktu yang sangat singkat. Selain itu, laju pengisian/ pengosongan yang cepat (< 100 ns) ini karena kapasitor dielektrik menyimpan dan juga melepaskan energi melalui polarisasi dan depolarisasi dielektrik saat diberi medan listrik eksternal, bukan melalui reaksi kimia seperti yang terjadi pada baterai. Kepadatan daya yang sangat tinggi, memungkinkan kapasitor dielektrik dapat digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti kendaraan listrik hibrida, alat pacu jantung dan lain-lain². Perangkat penyimpanan energi kapasitor dielektrik ini memanfaatkan material yang bersifat feroelektrik.

Material feroelektrik salah satunya memiliki struktur perovskit yaitu ABO_3 , dimana A dan B mewakili kation dengan ukuran berbeda, dan O mewakili anion yang membentuk ikatan dengan kedua kation. Struktur perovskit ideal berbentuk kisi kubik sederhana. Pada struktur dasar sel satuan kubik perovskit, kation A berkoordinasi 12 kali berada di sudut kubus sedangkan atom O berada di pusat muka kisi kubik pada dan kation B menempati posisi pusat pada struktur oktahedral. Perovskit biasanya memiliki distorsi oktahedral dari fase kubik ke beberapa jenis fase tereduksi simetri. Distorsi oktahedral BO_6 pada material perovskit dapat terjadi karena beberapa alasan berbeda. Salah satu penyebab distorsi oktahedral pada bahan perovskit adalah perbedaan jari-jari antara kation A dan B yang menghasilkan momen dipol pada muatan³. Perubahan derajat distorsi struktur perovskit juga dikaitkan erat dengan suhu transisi feroelektrik (T_m). Suhu transisi feroelektrik terjadi ketika, apabila suhu dinaikkan suhu titik tercapai dimana terdapat transisi dari fase polar, feroelektrik ke fase non-polar, non-ferolelektrik (disebut fase paraelektrik). Dalam semua kasus, fase paraelektrik memiliki simetri kristal yang lebih tinggi daripada fase feroelektrik tempat ia bertransformasi⁴.

Sebagai feroelektrik bebas timbal, $Bi_{0,5}Na_{0,5}TiO_3$ telah menarik banyak perhatian sejak ditemukan oleh Smolensky pada tahun 1960. $Bi_{0,5}Na_{0,5}TiO_3$ memiliki keunggulan memiliki polarisasi maksimum (P_{max}) yang tinggi, suhu transisi feroelektrik yang tinggi, dan loop histerisis P - E yang terjadi antara suhu 200-320°C yang menjadikan keramik ini lebih unggul. Namun di sisi lain, $Bi_{0,5}Na_{0,5}TiO_3$ menghasilkan polarisasi sisa (P_r) yang tinggi. Untuk meningkatkan sifat penyimpanan dari senyawa ini yaitu dengan menurunkan nilai P_r dengan cara memodifikasi ion pada situs A atau B . Modifikasi ini diharapkan mampu menghasilkan

mampu menghasilkan loop histerisis $P-E$ yang ramping yang menandakan adanya sifat relaksor feroelektrik⁵. Loop histerisis $P-E$ yang ramping diakibatkan oleh adanya *disorder* struktural, keadaan ini akan menghambat terbentuknya domain yang besar dan menurunkan energi untuk reorientasi dipol mengakibatkan medan kohersif menjadi turun. Sifat relaksor feroelektrik ini dapat meningkatkan kinerja penyimpanan energi (W_{rec} dan η) yang lebih tinggi dibandingkan dengan normal feroelektrik. Sintesis senyawa perovskit dengan variasi kation telah banyak dilakukan, beberapa penelitian terkait sintesis senyawa perovskit ini diantaranya pada penelitian yang telah dilakukan oleh Qiao dkk. $0,95(0,6\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3-0,4\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3)-0,05\text{AgNbO}_3$ menghasilkan W_{rec} sebesar $3,62 \text{ J/cm}^3$ dengan η 89%⁶. Selain itu pada penelitian yang dilakukan Shi dkk. keramik $0,74\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3-0,26\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$ (NBSBT) dimodifikasi dengan NaNbO_3 (NN) menghasilkan W_{rec} sebesar $4,83 \text{ J/cm}^3$ dan η sebesar 87,4%⁷. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis dengan variasi kation dapat menghasilkan nilai W_{rec} dan η yang baik. Dengan demikian, penelitian ini difokuskan untuk memperoleh sifat relaksor ferroelektrik melalui variasi kation dalam struktur perovskit dengan keunggulan masing-masing senyawa. Senyawa BiFeO_3 merupakan salah satu kandidat perovskit bebas timbal yang banyak menarik perhatian, karena mampu menunjukkan suhu *currie* (T_m) yang sangat tinggi sekitar $\sim 830^\circ\text{C}$ serta mampu menghasilkan nilai polarisasi yang tinggi^{8,9}.

Metode sintesis yang tepat merupakan kunci dalam memperoleh material berkualitas tinggi untuk mendukung aplikasi penyimpanan energi. Salah metode yang paling umum digunakan dalam sintesis senyawa perovskit adalah metode *solid state* karena metode ini unggul pada prosedurnya yang terbilang lebih sederhana. Namun, metode ini memiliki kekurangan dalam proses sintesisnya yang membutuhkan suhu sintesis yang tinggi biasanya lebih dari (1000°C) dan waktu reaksi yang lama untuk memastikan reaksi berjalan dengan sempurna dan terbentuk senyawa perovskit yang homogen¹⁰. Dalam mengatasi kekurangan tersebut, para peneliti berupaya mengembangkan metode alternatif yang lebih efisien secara termal salah satunya metode lelehan garam. Metode ini memanfaatkan campuran garam dengan titik eutektik rendah yang dapat membentuk fasa cair selama proses pemanasan, sehingga berperan sebagai media reaksi yang efektif untuk menurunkan suhu sintesis secara signifikan dan memungkinkan pembentukan senyawa perovskit pada temperatur yang lebih rendah¹¹. Sintesis metode lelehan garam ini telah berhasil dilakukan pada senyawa perovskit $\text{Na}_{0,25}\text{Bi}_{0,25}\text{Ba}_{0,5}\text{TiO}_3$ (NBBT) menggunakan campuran garam $\text{KCl}/\text{K}_2\text{SO}_4$ dengan rasio 3:1 pada suhu sintesis maksimum 950 dan menunjukkan nilai W_{rec} dan η optimum pada komposisi senyawa tersebut¹².

Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan substitusi kation A dan B berupa Bi^{3+} dan Fe^{3+} pada senyawa dengan formula senyawa $\text{Na}_{0,25}\text{Bi}_{0,25+x}\text{Ba}_{0,5-x}\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ menggunakan metode lelehan garam dengan campuran garam $\text{KCl}/\text{K}_2\text{SO}_4$ sebagai media reaksi. Selanjutnya akan dilakukan analisis struktur senyawa secara lengkap dan pengukuran sifat feroelektrik

untuk mengamati keterkaitan struktur dan sifat senyawa produk sekaligus potensi dalam aplikasi bahan penyimpan energi.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini mencakup sejauh mana metode lelehan garam dapat digunakan untuk mensintesis senyawa perovskit $\text{Na}_{0,25}\text{Bi}_{0,25+x}\text{Ba}_{0,5-x}\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$, serta bagaimana variasi komposisi campuran mempengaruhi struktur, morfologi, dan sifat listrik senyawa, dan menganalisis seberapa besar kemampuan senyawa hasil sintesis mampu dalam menyimpan energi listrik secara efisien.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari riset ini adalah:

1. Mensintesis senyawa perovskit formula baru $\text{Na}_{0,25}\text{Bi}_{0,25+x}\text{Ba}_{0,5-x}\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi campuran terhadap perubahan struktur, morfologi dan sifat listrik senyawa produk.
3. Menganalisis kinerja dan efisiensi penyimpanan energi listrik dari senyawa produk.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan senyawa perovskit $\text{Na}_{0,25}\text{Bi}_{0,25+x}\text{Ba}_{0,5-x}\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ yang berpotensi sebagai kapasitor dielektrik dengan kinerja penyimpanan energi yang tinggi dalam hal daya dan efisiensi yang tinggi, melalui variasi komposisi senyawa yang disintesis menggunakan teknik lelehan garam.

