

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pesatnya kemajuan teknologi informasi dan industri perangkat elektronik saat ini telah memicu peningkatan dalam penelitian dan pengembangan teknologi penyimpanan energi<sup>1</sup>. Penyimpanan energi telah menarik perhatian yang signifikan karena semakin menipisnya cadangan sumber daya energi dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, teknologi penyimpanan energi listrik memiliki peran yang semakin penting dalam sistem tenaga listrik dan perangkat listrik, termasuk kendaraan listrik, senjata elektromagnetik, dan perangkat elektronik. Di antara berbagai teknologi penyimpanan energi, kapasitor dielektrik memiliki potensi yang besar sebagai perangkat penyimpanan energi, karena memiliki kecepatan pengisian atau pengosongan yang cepat dan kepadatan daya yang tinggi serta stabilitas suhu yang baik<sup>2</sup>.

Kapasitor dielektrik dinilai memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem penyimpanan energi lainnya, diantaranya adalah ukuran perangkat yang lebih kecil dan ringan, waktu pakai yang lebih lama, waktu pengisian yang lebih singkat, memiliki *power density* 10-100 kali lipat lebih besar, ketahanan *breakdown* yang tinggi dan efisiensi penyimpanan tinggi hingga 90%<sup>3</sup>. Perangkat kapasitor dielektrik menggunakan bahan dielektrik yang bersifat feroelektrik, senyawa yang bersifat feroelektrik dengan suhu transisi fasa feroelektrik ke fasa paraelektrik yang bersifat relaksor dalam rentang suhu 200-400°C<sup>4</sup>. Energi listrik disimpan dalam bentuk momen dipol yang dihasilkan dari pergeseran kation dan struktur yang terdistorsi dari struktur perovskit. Bahan relaksor feroelektrik sudah banyak dipelajari pada senyawa oksida berstruktur perovskit  $ABO_3$ <sup>5</sup>.

Istilah senyawa perovskit oksida digunakan untuk menunjukkan kategori padatan kristal anorganik dengan rumus umum  $ABO_3$ , di mana  $A$  adalah kation yang lebih besar dengan valensi yang berbeda seperti:  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ln^{3+}$ ,  $B$  adalah kation dari logam transisi dan  $O$  adalah anion<sup>6</sup>. Sifat feroelektrik dari senyawa ini erat dikaitkan akibat adanya struktur oktahedral  $BO_6$  terdistorsi dan pergeseran kation  $A$  dari pusat struktur perovskit yang menghasilkan momen dipol pada muatan<sup>7</sup>. Perubahan derajat distorsi struktur perovskit juga dikaitkan erat dengan suhu transisi feroelektrik ( $T_c$ ), di mana struktur yang lebih terdistorsi menunjukkan suhu  $T_c$  yang tinggi. Suhu transisi ini sangat penting dalam material feroelektrik, di mana suhu ini menunjukkan adanya perubahan sifat feroelektrik

menjadi paraelektrik, sehingga kemampuan polarisasinya menurun<sup>8</sup>. Disamping itu, keberagaman jenis kation juga menyebabkan terjadinya ketidakteraturan susunan kation pada posisi kristalografi yang sama, yang menghasilkan sifat relaksor feroelektrik yaitu menunjukkan relaksasi suhu transisi fasa terhadap perubahan frekuensi. Sifat relaksor ini dinilai menguntungkan dikarenakan tidak terjadinya perubahan langsung dari sifat feroelektrik menjadi paraelektrik pada suhu transisi<sup>9</sup>.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sifat penyimpanan energi yang ditingkatkan dapat berasal dari fenomena relaksor pada senyawa feroelektrik yang digambarkan dengan suhu transisi yang terpengaruh dengan frekuensi kerja, puncak dielektrik yang melebar, dan histerisis loop  $P-E$  yang ramping<sup>7,10</sup>. Sifat relaksor feroelektrik pada senyawa perovskit terbukti dapat meningkatkan parameter kinerja penyimpanan energi ( $W_{rec}$  dan  $\eta$ ) lebih tinggi dibandingkan sifat feroelektrik normal<sup>3</sup>. Selain itu, stabilitas termal juga parameter yang penting untuk aplikasi praktis kapasitor dielektrik dengan suhu kinerja 200-300°C pada banyak perangkat elektronik pada mesin. Terkait dengan keunggulan material feroelektrik yang bersifat relaksor dalam kinerja penyimpanan energi, maka berbagai strategi telah diusulkan dan diteliti seperti teknik substitusi kimia, pengaturan morfologi senyawa produk, sintesis senyawa larutan padat<sup>7,11</sup>. Eksplorasi senyawa oksida perovskit sangat banyak dilakukan dengan memvariasikan jenis kation pada sisi  $A$  dan  $B$  yang memungkinkan eksplorasi formula dan sifat baru dari senyawa ini. Varisi kation  $A$  dan  $B$  ini juga dapat dilakukan dengan mencampurkan beberapa jenis senyawa provksit menjadi bentuk larutan padat<sup>12</sup>. Beberapa senyawa yang telah dilaporkan sebelumnya, seperti  $(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})_{0,94}\text{Ba}_{0,06}\text{TiO}_3 - \text{BiFeO}_3$ <sup>13</sup>,  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3 - \text{Ba}_{0,935}\text{Nd}_{0,05}\text{TiO}_3 - \text{BiFeO}_3$ <sup>14</sup> dan  $0,8\text{SrTiO}_3 - 0,2\text{BiFeO}_3$ <sup>15</sup> memiliki loop  $P-E$  yang lebih ramping, serta memiliki nilai parameter penyimpanan yang baik digunakan sebagai kapasitor dielektrik dan stabilitas termal pada suhu tinggi.

Oleh karena itu, pada penelitian ini berfokus pada senyawa perovskit yang memiliki keunggulan masing-masing dalam kinerja penyimpanan energi. Fasa utama yaitu  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  yang menunjukkan nilai polarisasi feroelektrik dan suhu  $T_c$  yang tinggi akan dicampurkan dengan fasa  $\text{BiFeO}_3$  yang memiliki ketahanan terhadap siklus *charge-discharge* berulang serta memiliki *power density* penyimpanan yang tinggi<sup>16-18</sup>. Teknik sintesis yang digunakan adalah metode lelehan garam menggunakan campuran garam  $\text{K}_2\text{SO}_4/\text{KCl}$  sebagai media reaksi. Selanjutnya dilakukan analisis struktur senyawa secara lengkap dan pengukuran sifat feroelektrik untuk mengamati keterkaitan struktur dan sifat senyawa produk sekaligus potensi

dalam aplikasi bahan penyimpanan energi. Kombinasi antara formula senyawa dan teknik sintesis yang akan dilakukan belum pernah dilaporkan sebelumnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diajukan permasalahan, yaitu:

1. Apakah sintesis senyawa perovskit  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  dengan modifikasi  $\text{BiFeO}_3$  berhasil dilakukan dengan menggunakan metode lelehan garam?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi komposisi campuran terhadap struktur, morfologi, sifat listrik dari senyawa produk?
3. Bagaimana kinerja dan efisiensi penyimpanan energi listrik dari senyawa produk yang disintesis?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis senyawa perovskit  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  dengan modifikasi  $\text{BiFeO}_3$  berhasil dilakukan dengan menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi campuran terhadap struktur, morfologi, 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 dapat memberikan informasi berupa produk senyawa baru  $(1-x)\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3-(x)\text{BiFeO}_3$  dengan variasi komposisi yang berhasil disintesis menggunakan teknik lelehan garam. Sifat relaksor feroelektrik dan kinerja penyimpanan energi dari senyawa produk dipelajari lebih lanjut untuk membuktikan potensi senyawa produk sebagai material penyimpan energi.