

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi berbasis fosil di seluruh dunia telah menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan dan krisis yang sering terjadi dalam ekosistem alam global. Situasi ini telah mendorong para peneliti untuk mempercepat penelitian terhadap perangkat yang efektif dalam menghasilkan energi dan komponen untuk penyimpanan dan transfer energi yang efisien<sup>1</sup>. Energi listrik merupakan bentuk energi paling penting, dan bentuk penyimpanannya umumnya melibatkan kapasitor dielektrik, superkapasitor, dan baterai sekunder<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan superkapasitor dan baterai sekunder, kapasitor dielektrik memiliki keunggulan, seperti kepadatan daya tinggi ( $10^8$  W/kg), kecepatan pengisian pengosongan yang cepat ( $<1 \mu\text{s}$ ), dan masa pakai yang panjang  $10^6$  kali<sup>3</sup>. Selain itu, stabilitas termal juga parameter penting untuk aplikasi praktis bahan penyimpanan energi dengan suhu kinerja 200-300 °C. Sebagai salah satu komponen kritis dalam peralatan daya pulsa, kapasitor dielektrik banyak digunakan dalam peralatan militer, peralatan medis, peralatan elektronik rumah tangga, dan bidang lainnya<sup>4</sup>.

Kapasitor dielektrik memanfaatkan bahan yang bersifat feroelektrik yang dapat menyimpan energi listrik melalui mekanisme depolarisasi muatan di dalam bahan. Sistem penyimpanan energi kapasitor dielektrik juga dapat diaplikasikan pada perangkat elektronik dan bidang industri yang memiliki suhu transisi polarisasi yang tinggi ( $T_c$ )<sup>5</sup>. Senyawa feroelektrik dengan struktur perovskit  $ABO_3$  menjadi kandidat penting bahan penyimpan energi dikarenakan sifat feroelektrik dari material ini. Senyawa perovskit  $ABO_3$  tersusun atas kation  $A$  yang bermuatan mono, di, atau trivalensi ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Ln}^{3+}$ ), kation  $B$  dari golongan transisi ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Nb}^{5+}$ ), dan anion  $\text{O}^{2-}$ <sup>6</sup>. Saat ini, senyawa perovskit  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  ( $NBT$ ) dinilai paling potensial menjadi bahan kapasitor dielektrik karena keunggulannya yaitu nilai polarisasi feroelektrik dan suhu  $T_c$  yang tinggi. Namun, nilai efisiensi penyimpanan yang rendah masih menjadi kelemahan dari senyawa ini<sup>7</sup>.

Eksplorasi senyawa perovskit prospektif sebagai perangkat penyimpanan energi yang efisien merupakan tantangan besar di abad ini. Banyak kelompok penelitian yang bekerja di bidang ini berfokus pada formula baru untuk aplikasi penyimpan energi yang berefek pada peningkatan besar artikel tentang topik ini. Secara umum, parameter penting untuk mengevaluasi kinerja penyimpanan energi

adalah kepadatan daya ( $W_{rec}$ ) dan efisiensi energi ( $\eta$ )<sup>8</sup>. Kinerja penyimpanan energi dapat meningkat dengan munculnya sifat relaksor feroelektrik pada senyawa perovskit.<sup>9</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>10</sup>. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memunculkan sifat relaksor feroelektrik dengan substitusi variasi kation A pada senyawa perovskit<sup>11</sup>.

Penggunaan prekursor alami dari limbah untuk mensintesis senyawa berbasis relaksor feroelektrik merupakan satu inovasi dan menarik dilakukan saat ini dalam bidang ilmu material maju. Salah satu limbah yang berpotensi sebagai prekursor alami yaitu limbah cangkang kerang sebagai sumber kation  $Ca^{2+}$ . *Corbicula moltkiana* merupakan jenis kerang yang dikenal oleh masyarakat Sumatera Barat yang memiliki nama lain kerang pensi, tergolong famili *Corbiculidae*. *Corbicula* merupakan kerang khas air tawar yang kaya kandungan kalsium didalamnya<sup>12</sup>. Zulhasif et al. (2020) meneliti bahwa persentase kandungan CaO dalam cangkang kerang setelah dikalsinasi sebesar 97,70%<sup>12</sup>. Kandungan CaO yang tinggi maka cangkang kerang pensi ini berpotensi sebagai sumber ion  $Ca^{2+}$ .

Eksplorasi sintesis senyawa perovskit juga dilakukan dengan memvariasikan metode sintesis. Pemilihan metode sintesis berkaitan erat dengan struktur, morfologi, dan keberhasilan didapatkan fasa tunggal yang juga akan mempengaruhi sifat listrik dari senyawa ini. Sintesis senyawa perovskit dilakukan menggunakan lelehan garam sebagai fluks yang dapat melarutkan prekursor oksida dengan daya kelarutan rendah dan berperan sebagai media reaksi. Penggunaan lelehan garam ini bertujuan untuk mempercepat reaksi dan menurunkan suhu reaksi, meningkatkan derajat kehomogenannya, mengontrol ukuran partikel dan mencegah terbentuknya aglomerasi. Pada penelitian ini digunakan campuran garam 0,75 mol KCl dan 0,25 mol  $K_2SO_4$  yang memiliki titik eutektik pada suhu 690 °C. Metode lelehan garam memiliki beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan seperti pencampuran garam pada titik eutektik untuk menurunkan titik leleh campuran, jenis garam yang digunakan, perbandingan garam dengan senyawa produk, suhu sintesis yang digunakan. Keseluruhan parameter ini dapat divariasikan dalam sintesis untuk menemukan kondisi yang optimum dalam mendapatkan senyawa produk berfasa tunggal.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan material kapasitor dielektrik berfasa perovskit  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  yang disubstitusi dengan kation  $\text{Ca}^{2+}$  dengan variasi komposisi campuran  $x = 0, 0,125, 0,25, \text{ dan } 0,5$ . Berdasarkan penelusuran literatur yang dilakukan, senyawa ini merupakan formula baru dengan teknik sintesis lelehan garam yang belum pernah dilakukan dan menjadi *state of the art* dari penelitian ini. Lebih jauh, penelitian ini juga memanfaatkan limbah kerang pansi sebagai prekursor alami kation  $\text{Ca}^{2+}$ . Analisis struktur secara lengkap, sifat listrik dan karakteristik penyimpanan energi dilakukan untuk mengeksplorasi potensi senyawa ini sebagai bahan penyimpan energi listrik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diajukan suatu rumusan masalah yaitu:

1. Apakah senyawa perovskit  $(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3$  berhasil disintesis dengan metode lelehan garam?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi komposisi terhadap struktur, morfologi, dan sifat listrik dari senyawa produk?
3. Bagaimana kinerja dan nilai efisiensi penyimpanan energi listrik dari senyawa produk?

## 1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mensintesis senyawa perovskit  $(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3$  menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi terhadap perubahan struktur, morfologi, dan sifat listrik senyawa produk.
3. Menganalisis nilai rapat daya, efisiensi penyimpanan energi dan stabilitas termal dari senyawa produk yang disintesis.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan senyawa baru yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan kapasitor dielektrik yang memiliki kinerja dan efisiensi penyimpanan energi listrik yang tinggi. Lebih jauh, pemanfaatan limbah kerang pansi memberikan inovasi sumber kation dari bahan alami dalam sintesis senyawa oksida logam yang lebih ramah lingkungan.