

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini, banyaknya fokus penelitian pada pembangunan dan pemanfaatan energi bersih akibat semakin seriusnya permasalahan pencemaran lingkungan dan penipisan energi. Dengan kemajuan teknologi yang pesat, permintaan energi terus meningkat. Perkembangan teknologi penyimpanan energi listrik secara bertahap telah menjadikannya salah satu bidang yang paling aktif dan berkembang pesat dalam bidang ilmu kelistrikan<sup>1</sup>. Energi listrik telah menjadi energi dasar yang sangat diperlukan oleh masyarakat modern karena keunggulannya dalam penggunaan yang mudah dan transmisi yang mudah. Diantaranya, kapasitor dielektrik disukai oleh para peneliti karena kecepatan pengisian dan pengosongannya yang tinggi serta kepadatan daya keluaran yang tinggi, yang telah menghasilkan aplikasi potensial dalam kendaraan listrik, *pulsed power*, dan pemalik frekuensi tinggi<sup>2</sup>. Kepadatan penyimpanan energi yang dapat dipulihkan adalah kurva pengisian dan pengosongan yang dikelilingi oleh sumbu polarisasi vertikal dan sumbu medan listrik (P-E). Kunci untuk menentukan kualitas kapasitor adalah kinerja bahan dielektrik<sup>3</sup>.

Senyawa perovskit digunakan sebagai bahan dielektrik. Senyawa perovskit dengan rumus umum  $ABO_3$ , dikenal memiliki sifat dielektrik yang unggul. Bahan-bahan ini memiliki struktur kristal isomorf dengan mineral perovskit. Semuanya mempunyai rumus kimia umum  $ABO_3$ , dimana A dan B adalah kation. Biasanya kation A seperti:  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ln^{3+}$ , B adalah kation dari logam transisi dan O adalah anion. Contoh beberapa perovskit  $BaTiO_3$ ,  $SrTiO_3$ ,  $CaTiO_3$ ,  $PbTiO_3$ ,  $NaNbO_3$ ,  $PbZrO_3$ ,  $KNbO_3$ ,  $BiFeO_3$ . Beberapa perovskit yang paling menarik dari sudut pandang aplikasinya adalah  $BaTiO_3$ ,  $PbTiO_3$  dan  $KNbO_3$ . Struktur kristalnya yang unik memungkinkan pengaturan ion yang dapat mempengaruhi sifat elektrik<sup>4</sup>.

Senyawa seperti  $BaTiO_3$  dan  $NaNbO_3$  telah banyak diteliti karena potensi aplikasinya dalam kapasitor dielektrik. Keramik  $BaTiO_3$  menunjukkan sifat Polarisasi maksimum ( $P_{max}$ ) dan stabilitas kinerja yang kuat, membuat material ini sangat berharga di bidang keramik penyimpanan energi. Namun, keramik  $BaTiO_3$  memiliki  $P_r$  dan  $E_b$  yang rendah, mengarah pada kinerja penyimpanan energi yang suboptimal. Rekayasa fase, penyempurnaan butiran, dan rekayasa cacat telah dilaporkan sebagai metode yang efektif untuk meningkatkan kinerja penyimpanan energi<sup>5</sup>. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa  $BaTiO_3$  memiliki polarisasi maksimum yang tinggi ( $32,66 \mu C/cm^2$ ), namun stabilitas termalnya buruk pada aplikasi suhu tinggi karena memiliki suhu transisi fasa ( $T_m$ ) yang rendah yaitu ( $\sim 120^\circ C$ ). Senyawa perovskite  $NaNbO_3$  merupakan senyawa perovskit lain yang memiliki sifat dielektrik yang baik dan dapat meningkatkan karakteristik  $BaTiO_3$  ketika dicampurkan<sup>6</sup>. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa  $BaTiO_3$  memiliki polarisasi maksimum yang tinggi ( $32,66 \mu C/cm^2$ ), namun stabilitas termalnya buruk pada aplikasi suhu tinggi karena memiliki suhu transisi fasa ( $T_m$ ) yang rendah yaitu ( $\sim 120^\circ C$ ). Senyawa perovskite  $NaNbO_3$  merupakan senyawa perovskit lain yang memiliki sifat dielektrik yang baik dan dapat meningkatkan karakteristik  $BaTiO_3$  ketika

dicampurkan. Penambahan  $\text{NaNbO}_3$  diharapkan dapat meningkatkan kestabilan termal dan memodifikasi sifat dielektrik  $\text{BaTiO}_3$  serta dapat meningkatkan sifat penyimpanan senyawa, sehingga menghasilkan material yang lebih optimal untuk aplikasi kapasitor<sup>7</sup> dan juga memiliki kekuatan polarisasi yang tinggi dan ketahanan terhadap kerusakan yang tinggi<sup>8</sup>. Menurut L.N.Shi, *et al* dengan penambahan  $\text{NaNbO}_3$  menggunakan metode *solid state* didapatkan efisiensi energi ( $\eta$ ) yang tinggi, yaitu 87,4% dan juga didapatkan nilai kepadatan daya ( $W_{rec}$ ) yang tinggi juga yaitu  $4,83 \text{ J/cm}^3$  yang ditandai dengan turunnya nilai polarisasi sisa ( $P_r$ ) yang membuat munculnya sifat semakin relaksor<sup>6</sup>. Penelitian Y. Du, *et al* juga menggunakan metode *solid state* dan didapatkan efisiensi energi ( $\eta$ ) yang tinggi, yaitu 90%<sup>9</sup>. Keunggulan ini membuatnya sangat cocok untuk aplikasi perangkat komersial. Pentingnya proporsi campuran variasi antara  $\text{BaTiO}_3$  dan  $\text{NaNbO}_3$  dalam sintesis  $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$  dapat mempengaruhi sifat fisik dan elektrik dari hasil sintesis<sup>10</sup>. Parameter utama untuk melihat kinerja penyimpanan energi yang dilakukan adalah dengan munculnya sifat relaksor feroelektrik pada senyawa perovskit yang diuji. Dimana yang diukur adalah kepadatan daya ( $W_{rec}$ ) dan efisiensi energi ( $\eta$ )<sup>4</sup>.

Oleh karena itu, penelitian tentang bahan dielektrik terus berkembang untuk menemukan material dengan performa yang lebih baik. Pada penelitian ini berfokus pada senyawa perovskit dengan formula baru yaitu  $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$  yang memiliki keunggulan masing-masing. Teknik sintesis yang digunakan adalah metode baru, yaitu metode lelehan garam. Selanjutnya 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. Formula senyawa yang disintesis ini belum pernah dilaporkan sebelumnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah sintesis senyawa perovskit  $\text{Ba}_{1-x}\text{Na}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$  berhasil dilakukan menggunakan metode lelehan garam?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi komposisi ( $x$ ) terhadap struktur, morfologi dan sifat listrik dari senyawa produk?
3. Bagaimana rapat daya dan efisiensi penyimpanan energi listrik dari senyawa produk pada suhu ruang?

### 1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mensintesis senyawa formula baru berfasa perovskit  $Ba_{1-x}Na_xTi_{1-x}Nb_xO_3$  menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi ( $x$ ) terhadap perubahan struktur, morfologi dan sifat listrik senyawa produk.
3. Menganalisis nilai rapat daya, efisiensi penyimpanan energi dari senyawa produk pada suhu ruang.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan senyawa baru yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dielektrik kapasitor yang memiliki kinerja dan efisiensi penyimpanan energi listrik yang tinggi. Lebih jauh, penelitian ini juga dapat mendukung kebijakan pemerintah untuk Ketahanan Energi Nasional dengan upaya pengembangan perangkat penyimpanan energi berdaya listrik besar dan efisiensi tinggi

