

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1. 1. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, kemajuan teknologi dalam bidang industri elektronika dan tenaga kelistrikan berkembang sangat pesat. Pertumbuhan teknologi ini mendorong para peneliti bidang kimia, fisika, dan ilmu material untuk menemukan berbagai material cerdas yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam perangkat elektronik. Seperti pada perangkat elektronik portabel, kendaraan listrik, perangkat komunikasi nirkabel dan lainnya, perangkat penyimpanan energi menjadi salah satu komponen yang paling penting dalam sirkuit elektronik perangkat tersebut. Saat ini sistem penyimpan energi seperti kapasitor dielektrik, kapasitor elektrokimia, baterai, dan *fuel cell* marak dikembangkan dikarenakan karakteristik penyimpanan energi yang baik<sup>1</sup>.

Untuk penggunaan perangkat pada lingkungan suhu tinggi, sistem penyimpanan kapasitor dielektrik menunjukkan keunggulan dibandingkan sistem lain dikarenakan kestabilan termal dalam suhu operasi 200-500°C<sup>2</sup>. Selain itu, kapasitor dielektrik memiliki keunggulan lain seperti ukuran perangkat yang lebih kecil dan ringan, memiliki rapat daya besar hingga 10<sup>8</sup> W/kg, siklus hidup yang lebih lama hingga 10<sup>9</sup> kali, waktu pengisian yang lebih singkat dalam ~ns, dan efisiensi penyimpanan tinggi hingga 90%. Perangkat kapasitor dielektrik yang dikembangkan saat ini banyak memanfaatkan material feroelektrik yang kemudian melakukan penyimpanan energi dengan membentuk momen dipol saat proses pengisian. Sifat feroelektrik pada kapasitor dielektrik sangat mempengaruhi kinerja dan karakteristik penyimpanan energinya. Memahami perilaku feroelektrik ini kemudian menjadi penting dalam desain dan pengembangan perangkat elektronika yang semakin canggih<sup>3</sup>.

Senyawa yang bersifat feroelektrik merupakan kandidat yang sangat menjanjikan untuk aplikasi penyimpanan energi berbasis kapasitor dielektrik dikarenakan sifat dielektrik yang tinggi, faktor disipasi yang rendah, suhu transisi fasa yang tinggi, serta tahan pada tegangan tinggi (*breakdown strength*)<sup>4</sup>. Salah satu senyawa feroelektrik yang paling banyak diteliti adalah senyawa oksida perovskit dengan struktur ABO<sub>3</sub> seperti Na<sub>0,5</sub>Bi<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub>, BaTiO<sub>3</sub>, BiFeO<sub>3</sub>, LiNbO<sub>3</sub> dan lainnya. Senyawa perovskit ini tersusun dari kation sisi-A yaitu logam alkali, alkali tanah, dan tanah jarang (Na<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Bi<sup>3+</sup>, Ln<sup>3+</sup>) dengan jari-jari atom besar, kation sisi-B yaitu logam transisi (Fe<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup>, Nb<sup>5+</sup>, dll) dengan jari-jari kecil, serta anion O<sup>2-</sup>. Sifat feroelektrik dari senyawa ini dihasilkan dari distorsi struktur oktahedral BO<sub>6</sub> dan pergeseran kation A akibat dari fleksibilitas variasi kation penyusun sisi-A dan sisi-B senyawa ini. Struktur yang terdistorsi ini menghasilkan suhu transisi yang tinggi sehingga senyawa perovskit ini menjadi sangat menarik untuk diteliti terkait dengan aplikasi kapasitor dielektrik pada penggunaan suhu tinggi<sup>5</sup>.

Beberapa tahun terakhir, senyawa perovskit Na<sub>0,5</sub>Bi<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> (NBT) paling banyak diteliti karena keunggulannya yang memiliki sifat dielektrik, polarisasi feroelektrik maksimum, dan

suhu transisi yang tinggi ( $T_m \sim 320$  °C). Namun, nilai polarisasi sisa ( $P_r$ ) yang tinggi dan *breakdown electric field* ( $E_b$ ) yang rendah membatasi aplikasinya di bidang penyimpanan energi<sup>6</sup>. Oleh karena itu, banyak penelitian yang terkonsentrasi pada modifikasi senyawa perovskit dengan menggabungkan 2 atau lebih fasa perovskit sehingga memicu terbentuknya sifat feroelektrik relaksor. Sifat feroelektrik relaksor ini terbukti dapat meningkatkan rapat daya dan efisiensi penyimpanan energi hingga 40% lebih tinggi dibandingkan material feroelektrik. Sifat feroelektrik ini muncul dikarenakan kation *A* dan *B* pada senyawa perovskit mengalami ketidakteraturan posisi kation serta jari-jari kation yang berbeda sehingga terjadi distorsi struktur yang lebih besar<sup>7</sup>. Modifikasi dengan fasa perovskit  $\text{LiNbO}_3$  yang memiliki suhu transisi ( $T_m \sim 1200$  °C) dan energi celah pita ( $E_g = 3,91$  eV) yang tinggi dinilai menguntungkan untuk menghasilkan sifat unggul dari sifat masing-masing fasa tersebut sekaligus memunculkan sifat relaksor dengan parameter penyimpanan energi yang unggul<sup>8</sup>. Selain itu ukuran jari-jari ion  $\text{Li}^+$  yang lebih kecil diharapkan menghasilkan struktur kristal yang lebih terdistorsi pada sistem  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$ <sup>9</sup>. Gabungan fasa ini menarik untuk dilakukan saat ini dalam pengembangan bahan kapasitor dielektrik yang juga ditunjukkan dengan peningkatan signifikan publikasi penelitian tentang topik ini. Beberapa senyawa yang telah dilaporkan sebelumnya, seperti  $0,85(\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{TiO}_3-0,06\text{BaTiO}_3-0,06\text{LiNbO}_3$  dan  $0,76(\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{TiO}_3-0,21\text{SrTiO}_3-0,03\text{LiNbO}_3$  menunjukkan *loop P-E* yang lebih ramping, serta memiliki nilai parameter penyimpanan yang lebih unggul dan stabilitas termal pada suhu tinggi.

Pemilihan metode sintesis yang tepat sangat penting dalam menghasilkan material berkualitas untuk aplikasi penyimpanan energi. Hal ini dikarenakan metode sintesis yang digunakan berkaitan erat dengan struktur, morfologi, dan keberhasilan mendapatkan fasa tunggal. Berbagai metode untuk mensintesis senyawa perovskit telah banyak dilaporkan sebelumnya. Metode *solid state* merupakan teknik sintesis yang banyak digunakan untuk mensintesis senyawa perovskit karena prosesnya yang sederhana dan cenderung menghasilkan produk dengan kemurnian dan kristanilitas yang tinggi. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan seperti proses sintesis dilakukan pada suhu yang tinggi, waktu reaksi yang lama, dan pertumbuhan ukuran butiran yang tidak homogen yang disebabkan oleh difusi ion yang lambat. Oleh karena itu, dilakukan eksplorasi metode sintesis senyawa perovskit dengan suhu sintesis yang lebih rendah dan waktu reaksi yang lebih cepat untuk meningkatkan efisiensi proses sintesis, salah satunya yaitu metode lelehan garam. Metode ini memanfaatkan garam sebagai aditif yang dicampurkan dengan prekursor dan dipanaskan di atas titik leleh garam, sehingga membentuk fasa lelehan garam yang berperan sebagai fluks media reaksi. Metode ini menawarkan suhu sintesis yang lebih rendah dan waktu reaksi yang lebih singkat dikarenakan difusi ion yang lebih cepat sehingga meningkatkan efisiensi produksi. Lelehan garam juga membantu menstabilkan morfologi produk sehingga

diperoleh produk dengan morfologi butiran yang homogen yang berpengaruh dalam sifat senyawa perovskit<sup>10</sup>.

Oleh karena itu, pada penelitian ini berfokus pada eksplorasi senyawa perovskit baru melalui modifikasi  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  dengan variasi komposisi fasa  $\text{LiNbO}_3$ . Selain upaya mengeksplorasi material perovskit baru, penelitian ini juga melakukan investigasi potensi parameter penyimpanan energi dari bahan tersebut. Senyawa ini disintesis dengan rumus formula  $(1-x)\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3-(x)\text{LiNbO}_3$  dengan metode lelehan garam yang masih belum pernah dilaporkan sebelumnya untuk mensintesis senyawa tersebut. Analisis kemurnian fasa yang terbentuk, struktur, sifat listrik dan parameter penyimpan energi dari senyawa produk juga dilakukan 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 perovskit  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  dengan modifikasi  $\text{LiNbO}_3$  berhasil dilakukan dengan menggunakan metode lelehan garam?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi campuran 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 perovskit baru dengan formula  $(1-x)\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3-(x)\text{LiNbO}_3$  dengan menggunakan metode lelehan garam.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi campuran 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  $(1-x)\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3-(x)\text{LiNbO}_3$  dengan variasi komposisi yang berhasil disintesis menggunakan lelehan garam yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai kapasitor dielektrik penyimpan listrik yang dapat digunakan pada kondisi suhu tinggi.