

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perangkat penyimpanan energi seperti baterai, kapasitor elektrokimia, dan kapasitor dielektrik memainkan peran penting dalam teknologi elektronik dan otomotif modern. Setiap jenis perangkat penyimpanan energi ini memiliki karakteristik yang berbeda, yang mempengaruhi pemilihannya dalam aplikasi tertentu. Di antara berbagai perangkat ini, kapasitor dielektrik lebih unggul dalam kemampuan pengaliran arus dengan cepat, efisiensi penyimpanan tinggi, ketahanan siklus pengisian berulang, serta stabilitas operasional pada suhu tinggi. Perangkat penyimpanan energi kapasitor dielektrik diketahui dapat melepaskan arus listrik yang tersimpan dalam jumlah besar dengan sangat cepat dalam kisaran waktu nano-detik sehingga memungkinkan kapasitor dielektrik untuk menghasilkan lonjakan daya yang sangat kuat yang sering digunakan dalam aplikasi perangkat elektronik canggih sistem pencegah kebakaran, radar, laser, mesin generator dan otomotif. Hal ini menjadikan kapasitor dielektrik lebih unggul dibanding perangkat penyimpanan energi lainnya dalam kemampuan pengaliran arus¹.

Lebih lanjut, stabilitas perangkat pada suhu tinggi juga menjadikan kapasitor dielektrik dapat diaplikasikan pada lingkungan kerja suhu tinggi seperti pada mesin, perangkat militer, kendaraan listrik, dan lainnya. Oleh karena itu, tantangan utama pengembangan perangkat ini adalah eksplorasi bahan penyusun yang stabil pada suhu yang lebih tinggi (>300°C). Kapasitor dielektrik diketahui memanfaatkan senyawa feroelektrik sebagai bahan dasar untuk penyimpanan energi, melalui pembentukan polarisasi dipol selama proses pengisian arus (*charging*)². Salah satu senyawa feroelektrik yang banyak diteliti saat ini adalah senyawa perovskit dengan struktur senyawa ABO_3 . Struktur yang terdistorsi dan kation penyusun (*A* dan *B*) yang dapat divariasikan dikaitkan erat dengan sifat feroelektrik dan suhu transisi yang tinggi, sehingga senyawa ini menjadi kandidat penting sebagai bahan dielektrik kapasitor saat ini.

Senyawa perovskit Barium Titanat ($BaTiO_3$) merupakan salah satu bahan feroelektrik bebas timbal yang memiliki polarisasi maksimum yang tinggi, bahkan lebih dari $100 \mu C/cm^2$ ³. Pemanfaatan senyawa perovskit berbasis $BaTiO_3$ ini diketahui sangat menjanjikan untuk mendapatkan perangkat dengan rapat daya yang besar. Namun, senyawa ini hanya memiliki suhu transisi fasa yang rendah pada $\sim 130^\circ C$, sehingga kurang menguntungkan untuk aplikasi pada suhu tinggi. Oleh karena itu, campuran dua atau lebih senyawa perovskit dengan sifat yang saling melengkapi merupakan strategi yang baik untuk mengatasi kelemahan suhu transisi fasa $BaTiO_3$ yang rendah. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan kinerja bahan, seperti stabilitas suhu sekaligus sifat feroelektrik yang unggul.

Senyawa $BiAlO_3$ merupakan salah satu senyawa perovskit yang menjanjikan sebagai campuran fasa dengan $BaTiO_3$ di mana kation Bi^{3+} dan Al^{3+} masing-masing menggantikan posisi Ba^{2+} (A-site) dan Ti^{4+} (B-site) dalam kisi kristal. Substitusi ini menghasilkan pembentukan unit sel perovskit termodifikasi yang mengandung kation Bi dan Al, sehingga

mampu meningkatkan stabilitas termal serta mempertahankan sifat feroelektrik pada suhu tinggi. Pada senyawa BiAlO_3 interaksi antara ion Bi dan O menghasilkan pola orientasi momen dipol yang stabil untuk menyimpan energi dalam bentuk medan Listrik yang kuat. Nilai polarisasi feroelektrik dari senyawa BiAlO_3 dilaporkan juga tinggi mencapai $75,6 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. Sifat ini menunjukkan potensi campuran senyawa perovskit baru $\text{Ba}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_3$ sebagai bahan kapasitor dielektrik dengan karakteristik pengisian dan pengosongan yang cepat⁴.

Oleh karena itu, pada penelitian ini kami berfokus pada eksplorasi senyawa perovskit baru dengan basis campuran $\text{Ba}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_3$. Inovasi yang ditonjolkan pada riset ini adalah mensintesis senyawa perovskit dengan menggunakan limbah kaleng sebagai bahan dasar ion aluminium pada senyawa BiAlO_3 . Secara global, penggunaan kaleng minuman aluminium diperkirakan meningkat dari tahun ke tahun, dimana sebanyak 630 miliar unit di produksi pada tahun 2030 (dari 420 miliar unit pada tahun 2020). Data terkait melaporkan hanya sekitar 70% limbah ini yang dapat didaur ulang menjadi produk baru, dan tentu 30% yang terbuang dapat menciptakan masalah lingkungan. Pendekatan dari riset yang dilakukan ini selain untuk mengatasi masalah limbah kaleng aluminium dengan memanfaatkannya sebagai bahan yang bernilai tambah (pendekatan *green chemistry*) juga untuk mendukung penciptaan kapasitor dielektrik berkinerja tinggi (pendekatan *materials engineering*)⁵.

Senyawa perovskit dengan formula $\text{Ba}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_3$ disintesis menggunakan metode hidrotermal pada suhu sintesis yang relatif rendah dan waktu yang singkat, sehingga lebih menguntungkan dalam hal produksi. Berdasarkan penelusuran literatur yang telah dilakukan, formula senyawa, metode sintesis dan pendekatan penggunaan limbah ini belum pernah diteliti sebelumnya yang menjadikannya inovasi kebaruan dari riset ini. Hubungan variasi komposisi campuran senyawa (x) terhadap perubahan pada struktur, morfologi, sifat fisika, serta kinerja penyimpanan energi dipelajari secara lengkap pada riset ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diajukan rumusan masalah yaitu :

1. Apakah sintesis senyawa perovskit $\text{Ba}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_3$ menggunakan limbah kaleng minuman berhasil dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi (x) terhadap struktur, dan sifat fisika dari senyawa produk?
3. Bagaimana kinerja dan efisiensi penyimpanan energi dari senyawa produk yang disintesis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis senyawa perovskit $\text{Ba}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_3$ dengan variasi $x = 0; 0,025; 0,05; 0,10;$ dan $0,20$ menggunakan metode hidrotermal.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi (x) terhadap perubahan struktur, morfologi, dan sifat fisika dari senyawa produk.

3. Menganalisis kinerja dan efisiensi penyimpanan energi dari senyawa produk.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk pengembangan senyawa perovskit baru yang menggunakan limbah kaleng minuman sebagai prekursor, yang berpotensi digunakan sebagai bahan kapasitor dielektrik berkapasitas tinggi, terutama dalam kondisi suhu tinggi. Selain itu, pemanfaatan limbah kaleng minuman sebagai prekursor dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi masalah limbah aluminium, dengan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* yang ramah lingkungan.

