

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi material maju saat ini mendorong para peneliti untuk mencari bahan baru yang memiliki sifat unggul di bidang kelistrikan, magnetik, dan termal. Salah satu strategi yang banyak dikembangkan adalah sintesis senyawa oksida kompleks multikomponen, karena senyawa ini memungkinkan pengaturan struktur kristal dan komposisinya untuk menghasilkan sifat yang diinginkan (Banik *et al.*, 2021). Salah satu sistem oksida yang menarik untuk diteliti adalah sistem barium aluminium perak oksida (Ba–Al–Ag–O) yang berpotensi besar sebagai bahan konduktor, katalis, dan bahkan kandidat superkonduktor (Zhang *et al.*, 2023).

Sintesis material berbasis barium dan aluminium, bahan awal yang paling umum digunakan adalah barium karbonat (BaCO_3) dan aluminium oksida (Al_2O_3). Saat dipanaskan pada suhu tinggi, BaCO_3 akan mengalami dekomposisi menjadi BaO dan CO_2 . BaO kemudian bereaksi dengan Al_2O_3 membentuk berbagai fasa barium aluminat seperti BaAl_2O_4 , $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, dan $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ tergantung pada rasio komposisi dan suhu pemanasan (Szymanski, Fu, *et al.*, 2024). Fasa-fasa ini penting karena masing-masing memiliki struktur kristal dan sifat fisik yang berbeda. Struktur fasa yang terbentuk pada proses sintesis sangat bergantung pada kondisi sintesis, seperti suhu pemanasan, waktu penahanan, laju pemanasan, dan atmosfer selama proses berlangsung. Setiap perubahan kondisi tersebut dapat menghasilkan fasa kristal yang berbeda meskipun bahan awalnya sama (Banik *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan pentingnya

pemahaman mendalam mengenai hubungan antara kondisi sintesis dan fasa yang terbentuk.

Penambahan unsur perak (Ag) ke dalam sistem Ba–Al–O membuka kemungkinan terbentuknya fasa baru yang memiliki sifat unik. Perak dikenal sebagai logam dengan konduktivitas listrik tinggi, sehingga kehadirannya dalam struktur oksida berpotensi meningkatkan sifat listrik material akhir. Namun, sifat termal dari perak menjadi tantangan tersendiri dalam proses sintesis. Senyawa oksida perak seperti Ag_2O diketahui mengalami dekomposisi menjadi Ag logam dan oksigen pada suhu relatif rendah, sekitar 200–300 °C (Waterhouse *et al.*, 2001). Perubahan ini dapat mengubah jalannya reaksi selama pemanasan dan mempengaruhi fasa akhir yang terbentuk. Oleh karena itu, kondisi pemanasan seperti suhu dan atmosfer menjadi faktor yang sangat penting dalam menjaga kestabilan fasa yang diinginkan.

Menurut Cinčić *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa kondisi atmosfer selama proses sintesis memiliki pengaruh signifikan terhadap pembentukan fasa akhir material. Pada kondisi pemanasan yang diberi tekanan oksigen, proses oksidasi berlangsung lebih intensif sehingga keberadaan perak (Ag) lebih mudah dipertahankan dalam bentuk oksida yang stabil, seperti Ag_2O atau senyawa kompleks oksida perak lainnya. Hal ini penting karena keberadaan oksigen yang cukup dapat menekan terjadinya reduksi spontan yang dapat menghasilkan fasa Ag logam, yang umumnya tidak diinginkan dalam pembentukan fasa oksida kompleks (Li *et al.*, 2003). Sebaliknya, pada kondisi pemanasan tanpa tekanan oksigen (udara biasa), konsentrasi oksigen yang lebih rendah dapat menyebabkan sebagian perak mengalami reduksi (Vernieres *et al.*, 2023), sehingga

kemungkinan terbentuknya fasa Ag logam menjadi lebih tinggi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kontrol atmosfer, khususnya melalui pemberian tekanan oksigen selama proses pemanasan, merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan komposisi fasa akhir dan stabilitas struktur kristal dari sistem $\text{BaCO}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Ag}_2\text{O/AgNO}_3$. Perbedaan ini dapat menghasilkan variasi struktur fasa yang signifikan meskipun bahan awal dan suhu sama. Selain itu, pembentukan fasa pada sistem Ba–Al juga diketahui terjadi melalui beberapa tahapan reaksi bertingkat. Dekomposisi BaCO_3 dan reaksi dengan Al_2O_3 berlangsung secara bertahap dalam rentang suhu 700–900 °C. Fasa antara seperti BaAl_2O_4 dapat terbentuk lebih awal dan kemudian bereaksi membentuk fasa stabil pada suhu yang lebih tinggi (Szymanski, Byeon, *et al.*, 2024). Pemahaman mengenai tahapan ini penting untuk mengoptimalkan kondisi sintesis agar fasa yang diinginkan dapat terbentuk secara maksimal.

Metode *solid state* sendiri dipilih karena kesederhanaannya dan kemampuannya menghasilkan material dalam jumlah besar. Metode ini melibatkan pencampuran bahan padat, penggilingan agar homogen, kemudian pemanasan pada suhu tinggi hingga reaksi terjadi. Namun, kekurangan metode ini adalah sulitnya mengontrol pembentukan fasa secara presisi, sehingga diperlukan pengujian berbagai kondisi sintesis untuk memperoleh hasil yang optimal (Zouridi *et al.*, 2023). Faktor lain yang tidak kalah penting adalah sumber perak yang digunakan. Ag_2O dan AgNO_3 merupakan dua prekursor umum yang memberikan hasil reaksi berbeda. AgNO_3 , misalnya, dapat terurai menjadi Ag_2O terlebih dahulu sebelum mengalami reduksi lebih lanjut. Perbedaan jalur reaksi ini berpotensi

memengaruhi komposisi fasa akhir (Waterhouse *et al.*, 2001).

Oleh karena itu, membandingkan hasil sintesis dari dua sumber perak tersebut menjadi penting untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pembentukan fasa. Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama yang muncul adalah belum adanya pemahaman yang jelas mengenai pengaruh variasi suhu dan kondisi atmosfer (dengan atau tanpa tekanan oksigen) terhadap pembentukan fasa pada sistem $\text{BaCO}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Ag}_2\text{O/AgNO}_3$ menggunakan metode *solid state*, serta belum adanya bukti eksperimental yang menunjukkan kemungkinan terbentuknya fasa $\text{Ba}_2\text{AlAg}_3\text{O}_8$ sebagai hasil sintesis. Analisis fasa hasil sintesis biasanya dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Teknik ini mampu memberikan informasi tentang struktur kristal, identitas fasa, dan ukuran kisi kristal material. Dengan mempelajari pola difraksi pada setiap variasi suhu dan kondisi atmosfer, peneliti dapat memetakan urutan pembentukan fasa dari awal hingga fasa stabil akhir terbentuk (Berenguer-Besnard *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk menjawab pertanyaan tersebut dan memberikan pemahaman baru dalam bidang sintesis material oksida kompleks.

B. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini diangkat untuk kejelasan penelitian, sehingga penelitian menjadi lebih terarah dan menghindari cangkupan luas penelitian. Batasan-batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bahan pada penelitian ini yaitu $\text{BaCO}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Ag}_2\text{O/AgNO}_3$.
2. Sintesis $\text{Ba}_2\text{AlAg}_3\text{O}_8$ dilakukan dengan menggunakan metode

solid state.

3. Pemanasan menggunakan atmosfer oksigen (O_2) dengan besar 0, 0,5 bar dan 1 bar.
4. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), dianalisis menggunakan *Highscore* untuk mengidentifikasi fasa bahan kristal dan Origin untuk plot data hasil Analisa.
5. Tidak melibatkan analisis struktur kristal secara komprehensif serta tidak melibatkan analisis sifat magnet.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini diangkat untuk memberikan arah yang jelas bagi proses penelitian, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu kalsinasi pada kondisi atmosfer dengan tekanan oksigen 0,5 bar, 1 bar, dan tanpa tekanan oksigen, serta jenis prekursor perak oksida terhadap pembentukan fasa pada sistem Ba–Al–Ag–O.
2. Bagaimana keberadaan fasa $Ba_2AlAg_3O_8$ yang disintesis menggunakan metode *solid state*, variasi suhu dan tekanan oksigen serta prekursor perak oksida yang digunakan.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini agar memberikan kerangka yang jelas mengenai apa yang ingin dicapai oleh peneliti, tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui dan menganalisis pembentukan fasa yang dihasilkan dari variasi suhu yang berbeda dan variasi tekanan oksigen serta prekursor perak oksida yang digunakan

2. Mengetahui dan menganalisis pembentukan fasa $\text{Ba}_2\text{AlAg}_3\text{O}_8$ yang disintesis menggunakan metode *solid state*, variasi suhu dan tekanan oksigen, serta prekursor perak yang digunakan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian baik secara teoritis maupun praktis, menunjukkan kontribusi dari hasil penelitian terhadap ilmu pengetahuan, masyarakat, atau bidang tertentu. Manfaat penelitian pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu:

1. Manfaat Teoritis

- a. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam termodinamika reaksi padatan. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk memverifikasi atau menyempurnakan model teoritis dan pembentukan nukleasi fasa padat.
- b. Hasil penelitian ini akan menyumbang data penting pembangunan diagram fasa (*phase diagram*) empiris dari sistem $\text{BaCO}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Ag}_2\text{O/AgNO}_3$. Data mengenai suhu transisi fasa dan stabilitas masing-masing fasa ini sangat berguna bagi penelitian terbaru.
- c. Penelitian ini memberikan wawasan eksperimental yang konkret mengenai perilaku dekomposisi termal perak oksida (AgO), memperkaya studi tentang stabilitas senyawa logam transisi pada suhu tinggi.
- d. Hasil penelitian dapat menjadi kasus studi untuk mengevaluasi efektivitas dan keterbatasan metode *solid state* konvensional dalam mensintesis material yang mengandung unsur mudah tereduksi seperti perak.

2. Manfaat Praktis

- a. Temuan dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai panduan operasional bagi peneliti lain yang ingin mensintesis material dalam system Ba-Al-Ag-O.