

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bismuth Ferrite (BFO) merupakan material oksida kompleks yang memiliki sifat optik unggul, terutama kemampuannya dalam menyerap cahaya pada wilayah tampak dan memantulkan cahaya pada wilayah *Near-Infrared* (NIR) (Chen dkk. 2025). BFO dapat terbentuk dalam fasa kristalin seperti *perovskite* (BiFeO_3) (Wang dkk. 2020), *mullite* ($\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$) (Pooladi, Sharifi & Behzadipour 2020), dan *sillenite* ($\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$) (Sivaraj dkk. 2021), yang masing-masing menunjukkan karakteristik optik yang berbeda. Fasa *sillenite* menjadi sorotan utama karena selain memiliki reflektansi tinggi terhadap cahaya NIR, juga stabil secara termal. Meskipun demikian, belum banyak studi yang membahas proses pembentukan fasa *sillenite* sebagai tujuan utama untuk aplikasi pigmen reflektif NIR.

Pembentukan fasa *sillenite* pada BFO masih memiliki tantangan dalam proses sintesis, terutama terkait suhu kalsinasi sebagai tahap pemanasan akhir untuk meningkatkan kristalinitas dan menghilangkan residu organik. Suhu kalsinasi yang terlalu rendah cenderung menghasilkan struktur kristal yang belum sempurna, sedangkan suhu yang terlalu tinggi memicu fasa sekunder. Rentang 500–700 °C diidentifikasi sebagai wilayah transisi pembentukan dan stabilisasi fasa *sillenite* (Mahmoud dkk. 2024; Muthu Kumar dkk. 2024; Shukla dkk. 2025). Pengaturan suhu kalsinasi berperan penting dalam mengarahkan rekayasa struktur BFO menuju fasa *sillenite* dengan performa reflektif optimal untuk pigmen reflektif NIR.

Pengembangan pigmen BFO pada penelitian sebelumnya masih didominasi metode sintesis konvensional seperti *solid state* dan ko-presipitasi yang memerlukan suhu kalsinasi tinggi (700–850 °C) (James dkk. 2014; Elakkiya & Sumathi 2022; Raj, Prabhakar Rao & Rajesh 2023; de Matos Degues dkk. 2025). Metode tersebut kurang efisien karena membutuhkan energi besar dan cenderung memicu pertumbuhan butir berlebih serta ketidakhomogenan fasa. Sebagai alternatif, sintesis hijau menawarkan jalur reaksi ramah lingkungan yang dapat menurunkan suhu kalsinasi melalui peran senyawa organik dari ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil.

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan keberhasilan penggunaan ekstrak alami untuk pigmen, seperti ekstrak biji buah delima dengan suhu kalsinasi 450 °C (S. dkk. 2025) dan ekstrak daun gletang dengan suhu kalsinasi 600 °C (Aswin, Jeice & Rajaram 2025) yang mampu mempercepat pembentukan fasa oksida logam berukuran nano. Senyawa polifenol, flavonoid, dan protein pada ekstrak tersebut berperan dalam khelasi ion logam serta menurunkan energi aktivasi selama proses pembentukan oksida. Namun, penerapan metode sintesis hijau pada material BFO khusus untuk aplikasi pigmen reflektif masih jarang diteliti, sehingga memberikan nilai kebaruan pada penelitian ini.

Sejalan dengan pengembangan material BFO, salah satu sumber hayati potensial untuk sintesis hijau adalah bunga telang (*Clitoria ternatea*/ *C. ternatea*) yang kaya senyawa aktif seperti antosianin, flavonoid, tanin, dan senyawa fenolik (Ghuzali dkk. 2021; Ashraf dkk. 2024). Senyawa-senyawa ini mengandung gugus hidroksil dan karbonil yang dapat berperan sebagai agen pereduksi, kompleksan logam, serta zat penyelubung nanopartikel, sehingga mendukung pembentukan nanopartikel oksida logam yang lebih terkendali dan ramah lingkungan. Studi sebelumnya menunjukkan efektivitas *C. ternatea* dalam sintesis ZnO (Roy dkk. 2025), namun belum ditemukan penggunaannya dalam sintesis BFO.

Efisiensi proses sintesis hijau berbasis *Clitoria ternatea* juga dapat dioptimalkan melalui penerapan teknologi ultrasonik (Fatimah dkk. 2020). Iradiasi ultrasonik menghasilkan fenomena kavitasi yang menciptakan kondisi lokal bersuhu dan bertekanan tinggi, sehingga mempercepat nukleasi, meningkatkan homogenitas, dan menghasilkan nanopartikel berukuran kecil serta seragam. Kombinasi ekstrak *C. ternatea*, iradiasi ultrasonik, dan pengaturan suhu kalsinasi membentuk pendekatan sintesis terintegrasi yang berpotensi menghasilkan BFO fasa *sillenite* stabil dengan reflektansi tinggi pada wilayah NIR. Penelitian ini difokuskan pada sintesis hijau BFO berbantuan ultrasonik dengan variasi suhu kalsinasi untuk mengevaluasi pembentukan fasa *sillenite* dan performa optiknya sebagai pigmen reflektif ramah lingkungan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh *Bismuth Ferrite sillenite* untuk pigmen reflektif NIR dengan proses sintesis hijau menggunakan ekstrak bunga *C. ternatea* dan memvariasikan suhu kalsinasi.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pembentukan fasa *sillenite* pada *Bismuth Ferrite* dengan sintesis hijau berbasis ekstrak *C. ternatea*. Temuan ini berpotensi membuka peluang pemanfaatan *Bismuth Ferrite sillenite* sebagai pigmen reflektif NIR.