

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu perkembangan nanomaterial telah dilaporkan membuka peluang besar untuk mengatasi masalah energi dan lingkungan. Nanomaterial menjadi perhatian para ilmuwan karena memiliki potensi untuk aplikasi yang lebih unggul dimana material berukuran nano memiliki karakteristik yang sangat berbeda dan fungsi spesifik jika dibandingkan dengan material berukuran mikro maupun bongkahan (*bulk*) [1].

Perkembangan aplikasi nanomaterial ini telah banyak diterapkan di berbagai bidang, seperti elektronika, obat-obatan (diagnostik, pengiriman obat, teknik jaringan), lingkungan (remediasi, pengolahan air), energi, informasi dan komunikasi (penyimpanan data, *display*, sensor), makanan (aditif, kemasan), produk konsumen (tekstil, kosmetik), dan konstruksi (pelapis permukaan, beton, paduan) [2]. Salah satu aplikasi nanomaterial yang menarik untuk diteliti saat ini adalah dalam bidang energi, khususnya material pembangkit energi listrik dari panas buangan (termoelektrik/TE). Material termoelektrik merupakan komponen utama pada modul pembangkit TE. Pembangkit ini memiliki kelebihan karena mampu menghasilkan energi listrik yang bersumber dari panas, dengan kata lain termoelektrik merupakan konversi langsung dari energi panas menjadi energi listrik. Pembangkit listrik termoelektrik dapat berkembang dengan cepat dan dapat diaplikasikan di berbagai bidang termasuk otomotif, *aerospace*, industri alat berat, elektronik dan pembangkit listrik jarak jauh [3,4].

Perkembangan nanomaterial di bidang termoelektrik erat kaitannya dengan perkembangan dan modifikasi metode sintesis material, teknik rekayasa struktur kristal dan desain morfologi. Keberhasilan dalam memperoleh kondisi terbaik ketiga hal ini akan menghasilkan material TE dengan parameter yang unggul, sehingga memiliki implikasi yang sangat penting dalam perakitan dan konversi efisiensi energi generatornya [1].

Sejumlah bahan TE telah dikembangkan dalam beberapa dekade terakhir, seperti senyawa berbasis tellurium (Te) dan senyawa berbasis selenium (Se).

Namun bahan ini merupakan logam berat, mahal dan beracun terhadap lingkungan. Kemudian perkembangan terakhir bahan termoelektrik ini mengarah pada pengembangan bahan berbasis oksida seperti pada SrTiO₃, ZnO, TiO₂, CaMnO₃ dan Ca₃Co₄O₉ [3]. Diantara material berbasis oksida, material termoelektrik yang menarik untuk diteliti pada saat ini adalah strontium titanat (SrTiO₃/STO). STO adalah material oksida yang memiliki unit sel kubus dengan struktur perovskit. Selain itu, STO ini merupakan material semikonduktor tipe-n dengan rentang band gap dari 3.2-3.4 eV [5]. STO banyak digunakan sebagai bahan dielektrik untuk film *superlattice* buatan, batas butir lapisan kapasitor keramik, fotokatalis dan modul termoelektrik [6].

Pada aplikasi termoelektrik, material ini memiliki sifat yang unggul karena memiliki hantaran listrik (σ) dan koefisien *Seebeck* (S) yang tinggi, sehingga efektif dalam meningkatkan sifat listriknya. Akan tetapi, sifat hantaran panas (κ) yang juga tinggi mengakibatkan menurunnya nilai angka jasa (*figure of merit*/ZT), sehingga kinerja termoelektrik generator menjadi tidak maksimal. Oleh karena itu, untuk mendapatkan material termoelektrik dengan nilai ZT yang tinggi, maka ketiga parameter (σ , S, dan κ) harus dikontrol sehingga efisiensi konversi energinya juga tinggi [7,8]. Salah satu cara yang efektif untuk meningkatkan nilai ZT pada STO adalah dengan menurunkan hantaran panas, dengan mendesain morfologi STO melalui pembentukan struktur 3-dimensi (3D) nano kubus atau yang disebut juga dengan 3D-STO *nanoarchitecture* [9].

Berdasarkan teori, 3D-STO nano kubus dapat menurunkan hantaran panas tanpa merubah sifat hantaran listrik. Hal ini dikarenakan pada struktur perovskit STO₃, elektron bergerak bebas disepanjang ruang 3D nano kubus sehingga muncul efekkurungan kuanta (*quantum confinement*), sementara daya hantar panas yang rendah dikarenakan adanya batas butiran (*grain boundaries*) yang akan menghamburkan fonon (vibrasi kisi kristal), sehingga hantaran panas hanya terjadi di dalam nanokubus [10].

Penelitian tentang sintesis SrTiO₃ telah dilakukan oleh banyak peneliti dengan beberapa metode, seperti Nakashima dan grupnya melaporkan penggunaan bahan dasar berupa titanium tetra isopropoksida (TTIP) sebagai sumber Ti dan Sr(OH)₂ sebagai sumber Sr dan ditambahkan air sebagai sumber oksigen. Metode

yang digunakan adalah solvotermal dengan variasi suhu 240°C dan 260°C selama 18 jam. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan struktur perovskit dengan ukuran kristal 20 nm yang berbentuk kubus [6].

Putri dan grupnya melaporkan penggunaan bahan TTIP sebagai sumber Ti dan SrNO₃ sebagai sumber Sr. Disini peneliti juga menambahkan CTAB sebagai *capping agent*. Proses solvotermal dilakukan dengan suhu 160°C dan variasi waktu 18 dan 24 jam [11].

Hao dan grupnya juga melaporkan SrTiO₃ nanokubus dan sol nanokristalin hiperstabil dapat disintesis melalui metode *rapid sol-precipitation* dengan menggunakan trietilen glikol (TEG) untuk mengontrol laju hidrolisis tetrabutyl titanat dimana sol nanokristalin SrTiO₃ diperoleh dalam waktu 2 jam. Kinetika pembentukan SrTiO₃ nanokubus menunjukkan bahwa hidrolisis sangat penting untuk menghasilkan bentuk kubik [12].

Pada penelitian ini, kami akan melakukan review sistematis dengan mengumpulkan informasi yang berasal dari sumber literatur primer (artikel ilmiah bereputasi dan berfaktor dampak) dan literatur sekunder (buku yang relevan) mengenai sintesis dan morfologi SrTiO₃ nanokubus serta pengaruhnya terhadap sifat termoelektrik terutama dalam menurunkan hantaran panas. Selanjutnya dilakukan penyusunan data yang diperoleh berdasarkan alur yang telah dirumuskan dan membuat kerangka bahasan secara sistematis. Setelah itu, dilakukan analisis terhadap beberapa literatur sesuai dengan topik pembahasan yang telah ditetapkan, sehingga bisa dijadikan panduan untuk penulisan sistematis review ini. Dari makalah ini, diharapkan dapat memberikan informasi dan referensi bagi peneliti lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh perumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja metode sintesis yang bisa membentuk SrTiO₃ nanokubus dengan morfologi yang seragam.
2. Apa saja faktor-faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi pembentukan SrTiO₃ nanokubus.

3. Bagaimana mekanisme reaksi, proses pengintian dan pertumbuhan SrTiO₃ nanokubus selama proses sintesis berlangsung.
4. Bagaimana pengaruh morfologi SrTiO₃ nanokubus terhadap sifat hantaran panas sebagai salah satu parameter sifat termoelektrik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji beberapa metode sintesis yang mampu membentuk SrTiO₃ nanokubus dengan morfologi yang seragam serta menentukan Metode mana yang paling efektif.
2. Mengkaji faktor-faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi pembentukan SrTiO₃ nanokubus berdasarkan Metode yang sudah terpilih sebelumnya.
3. Mengkaji mekanisme reaksi, proses pengintian dan pertumbuhan SrTiO₃ nanokubus selama reaksi berlangsung sesuai dengan Metode yang terpilih sebelumnya.
4. Mengkaji pengaruh morfologi SrTiO₃ nanokubus terhadap penurunan hantaran listrik sebagai salah satu parameter sifat termoelektrik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu bentuk review sistematis yang diharapkan dapat memberikan informasi tentang gambaran umum material SrTiO₃ nanokubus sebagai salah satu material termoelektrik. Informasi yang diberikan mencakup Metode-Metode yang digunakan untuk mensintesis SrTiO₃ nanokubus dengan morfologi yang seragam, pengaruh internal dan eksternal yang dibutuhkan dalam mensintesis serta menjelaskan secara rinci mengenai mekanisme reaksi yang terjadi selama reaksi berlangsung. Pada bagian akhir dijelaskan pula bagaimana pengaruh morfologi SrTiO₃ nanokubus terhadap sifat termoelektriknya. Selain itu, diharapkan review sistematis ini menjadi referensi bacaan bagi peneliti lainnya.