

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Energi adalah sesuatu yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup dalam berbagai macam aktivitas dan kegiatan. Sebagian besar energi yang digunakan bersumber dari energi fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara. Oleh sebab itu, saat ini dunia dihadapkan pada masalah krisis energi termasuk Indonesia. Ketergantungan energi fosil di Indonesia masih cukup tinggi apabila dibandingkan dengan energi selain fosil. Hal ini ditandai dengan meningkatnya penduduk Indonesia setiap tahunnya yang menyebabkan semakin tinggi konsumsi energi fosil. Disisi lain, Indonesia menghadapi penurunan cadangan energi fosil dan belum dapat diimbangi dengan penemuan energi baru. Oleh karena itu, pada saat ini peneliti terus mencari dan mengembangkan energi pengganti minyak bumi, gas alam dan batu bara dikarenakan ketersediaannya mulai menipis. Energi pengganti ini disebut juga dengan energi alternatif atau energi terbarukan<sup>1</sup>.

Pengembangan energi alternatif seperti energi angin, sel matahari (*solar cell*), *ocean thermal energy conversion* (OTEC), panas bumi dan lainnya perlu mendapatkan perhatian yang serius baik dari pemerintah, industri, perguruan tinggi dan masyarakat. Selain pengembangan energi alternatif, perhatian mengenai penghematan energi atau konservasi energi perlu juga mendapat perhatian yang sama karena dengan menghemat energi atau meningkatkan efisiensi termal suatu sistem energi dapat memperpanjang masa simpan bahan bakar yang bersumber dari fosil<sup>2</sup>.

Salah satu sumber energi alternatif yang menjadi bahan kajian bagi peneliti dunia saat ini yaitu pembangkit termoelektrik (*Thermoelectric Generator/TEG*). Pembangkit termoelektrik mampu mengubah energi panas secara langsung menjadi energi listrik tanpa memerlukan proses lanjutan, sehingga dalam menghasilkan listrik generator ini hanya memerlukan panas buangan. Selain itu, pemeliharaan generator ini sangat mudah, tidak menghasilkan polusi dan berapapun panas yang diserap langsung dirubah menjadi energi, sehingga pembangkit ini dikategorikan sebagai pembangkit listrik ramah lingkungan yang berkelanjutan atau disebut juga dengan *Green Energy*. Perpaduan pembangkit ini dengan sifatnya lebih dikenal dengan *Green-TEG*<sup>3</sup>.

Material termoelektrik adalah material penyusun dalam alat *TEG* yang berfungsi sebagai pengumpul panas sehingga energi panas bisa dirubah menjadi energi listrik secara langsung. Sumber panas yang dapat diubah berupa panas saluran pembuangan kendaraan motor, bejana uap, sinar matahari, panas tubuh, pembuangan industri dan lain-lain. Efisiensi dari peralatan termoelektrik dievaluasi dengan nilai *figure of merit*,  $ZT = S^2\sigma T/\kappa$ , dimana  $S, \sigma, \kappa$  dan  $T$  adalah koefisien Seebeck ( $\mu\text{V/K}$ ), konduktivitas listrik ( $\text{S/cm}$ ), konduktivitas termal ( $\text{W/mK}$ ) dan suhu mutlak ( $\text{K}$ ). Oleh karena itu, besarnya *power factor* ( $S^2\sigma$ ) dan rendahnya konduktivitas termal sangat penting untuk mengembangkan bahan termoelektrik untuk aplikasi peralatan secara komersial<sup>4</sup>. Efisiensi konversi energi material termoelektrik dievaluasi dengan nilai  $ZT$ , dimana  $ZT > 1$  akan memberikan potensi yang besar dalam mengumpulkan panas buangan dan mengkonversi menjadi listrik<sup>5</sup>.

Salah satu senyawa yang berpotensi sebagai bahan termoelektrik adalah senyawa oksida  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4 / \text{SrO}(\text{SrTiO}_3)_1$  fasa Ruddlesden–Popper (RP). Senyawa  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  memiliki tingkat laminasi (lapisan) struktur tertinggi di antara semua seri fasa RP dengan rumus molekul  $\text{Sr}_{n+1}\text{Ti}_n\text{O}_{3n+1}$  ( $1 \leq n \leq \infty$ ). Senyawa ini tersusun atas lapisan  $\text{SrTiO}_3$  dengan struktur perovskit dan lapisan  $\text{SrO}$  dengan struktur rock salt. Lapisan perovskit  $\text{SrTiO}_3$  menyebabkan elektron mudah bergerak disepanjang lapisan sedangkan lapisan  $\text{SrO}$  menyebabkan terjadinya hambatan panas, sehingga senyawa ini memiliki sifat transportasi muatan 2 dimensi (2D) yang spesifik. Selain itu, kisi dalam material tersusun secara rapat dan teratur melalui pengulangan lapisan  $\text{SrO}$  dan lapisan  $\text{SrTiO}_3$  membentuk superlattice, sehingga sangat efektif dalam menghamburkan fonon dan mengurangi hantaran panas. Keunggulan senyawa ini dibandingkan oksida lainnya yaitu tidak beracun, ketersediaan yang melimpah serta tahan terhadap suhu tinggi. Akan tetapi, nilai  $ZT$  senyawa ini tergolong kecil dikarenakan hantaran listriknya yang rendah. Oleh karena itu, salah satu cara untuk meningkatkan hantaran listriknya adalah melalui pendopingan dengan ion bervalensi tinggi dari golongan logam transisi. Pendopingan akan menyebabkan penambahan jumlah elektron pembawa pada senyawa sehingga nilai hantaran listrik menjadi lebih tinggi<sup>6</sup>.

Senyawa termoelektrik  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  fasa RP umumnya disintesis dengan metode reaksi padatan (*solid state reaction*), akan tetapi metode ini membutuhkan panas yang sangat

tinggi ( $800^{\circ}\text{C}$  -  $1500^{\circ}\text{C}$ ) dan waktu sintering yang cukup lama (90 jam). Oleh karena itu pada penelitian ini sintesis dilakukan dengan metode lelehan garam (*molten salt*). Metode memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya karena membutuhkan suhu yang lebih rendah yaitu  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  serta waktu pengerjaannya yang cepat yaitu 1 hari. Metode ini melibatkan lelehan garam sebagai media dalam menyiapkan oksida-oksida kompleks dari bahan penyusunnya (oksida dan karbonat). Lelehan garam ini stabil, karena memiliki kapasitas panas mirip dengan air. Pada metode ini menggunakan campuran garam  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sebagai media reaksinya<sup>7</sup>.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa senyawa  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  fasa RP menghasilkan produk dengan pembentukan fasa RP dengan kristalinitas rendah dan masih ditemukan pengotor. Hal ini disebabkan oleh, 1) tidak dilakukan variasi perbandingan mol Sr:Ti dalam material awal pada saat sintesis, dan 2) suhu dan waktu sintesis yang belum optimum. Kemurnian produk sintesis yang rendah akan menyebabkan penurunan sifat termoelektrik terutama nilai hantaran listrik yang rendah. Peningkatan hantaran listrik dilakukan melalui pendopingan dengan ion bervalensi tinggi dari golongan unsur transisi, seperti pendopingan pada sisi titanium ( $\text{Ti}^{4+}$ ) dengan niobium ( $\text{Nb}^{5+}$ ) dan tantalum ( $\text{Ta}^{5+}$ ). Pendopingan ini dapat meningkatkan jumlah elektron pembawa sehingga nilai hantaran listrik dari senyawa ini menjadi lebih tinggi.

Pada penelitian ini, sintesis senyawa  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  tanpa doping dan Ta- dan Nb-*doped*  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  dilakukan dengan metode lelehan garam. Pada tahap awal,  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  tanpa doping disintesis dengan beberapa variasi perbandingan mol Sr:Ti pada material awalnya. Kemudian, dilakukan variasi suhu dan waktu sintering untuk mendapatkan senyawa murni dengan kristalinitas yang tinggi dan morfologi yang homogen. Kondisi sintesis terbaik pada sintesis  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  tanpa doping digunakan untuk mensintesis sampel Ta- dan Nb-*doped*  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$ . Produk dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *UV-VIS Difuse Reflectance Spectroscopic (UV-DRS)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Sementara itu, pengukuran sifat hantaran listrik dengan LCR meter tidak bisa

kami lakukan, sehingga untuk membahas sifat ini digunakan data skunder dari beberapa artikel yang relevan.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh suhu sintering terhadap kemurnian dan morfologi sampel  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  tanpa doping yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan rasio mol Sr dan Ti terhadap kemurnian senyawa  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  tanpa doping yang dihasilkan ?
3. Bagaimana pengaruh doping Nb dan Ta terhadap sifat hantaran listrik sampel  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  yang disintesis ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh suhu sintering terhadap kemurnian dan morfologi produk  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  yang dihasilkan.
2. Menentukan perbandingan rasio mol Sr dan Ti terhadap kemurnian dan morfologi produk  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh doping  $\text{Nb}^{5+}$  dan  $\text{Ta}^{5+}$  pada sisi  $\text{Ti}^{4+}$  terhadap perubahan nilai hantaran listrik produk  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  yang dihasilkan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai metode sintesis dalam menghasilkan material  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$  fasa Ruddlesden-Popper dengan kemurnian yang lebih tinggi serta pengaruh pendopingan terhadap sifat hantaran listrik sehingga dapat dikembangkan dan diaplikasikan pada generator termoelektrik sebagai bahan penghasil energi alternatif di masa depan. Selain itu, penelitian juga diharapkan dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian lebih lanjut.