

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan primer manusia di seluruh penjuru dunia. Kebutuhan energi, khususnya energi listrik semakin meningkat setiap tahun seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Umumnya kebutuhan energi listrik mengandalkan bahan bakar fosil yang bersumber dari minyak bumi, gas alam dan batubara, sementara cadangannya semakin berkurang tiap tahun. Disisi lain, penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar utama menyebabkan peningkatan pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu ditemukan sumber energi listrik alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi manusia dimasa kini dan masa datang.

Salah satu energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) sebagai pengganti bahan bakar fosil yaitu sel surya (*solar cell*) yang mampu mengkonversi energi matahari langsung tanpa menghasilkan gas buangan apapun atau bebas karbon<sup>1</sup>. Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui proses yang dinamakan *photovoltaic cell* (PV). Kerja dari *photovoltaic cell* ini sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misalnya awan dan kabut) mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula kerjanya seperti yang dibuktikan dalam penelitian Youness *et al.*, (2005) dan Pucar dan Despica (2002)<sup>2</sup>.

Teknologi lain yang memiliki potensi sebagai sumber energi listrik adalah generator termoelektrik atau lebih dikenal dengan *Thermoelectric Generator* (TEG) yang mampu mengubah panas buang menjadi energi listrik secara langsung. Sumber energi ini hanya menggunakan panas buang sehingga menjadi salah satu teknologi ramah lingkungan yang dibutuhkan sebagai alternatif sumber energi masa depan. Teknologi ini menjanjikan alternatif pembangkit listrik yang luar biasa karena mempunyai beberapa kelebihan, yaitu dapat diandalkan keawetannya, tanpa suara saat dioperasikan karena tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak, tidak membutuhkan biaya pemeliharaan yang tinggi, sederhana, aman, memiliki ukuran yang sangat kecil dan sangat ringan, mampu beroperasi pada suhu tinggi, mampu beroperasi untuk skala kecil dan lokasi terpencil, ramah lingkungan, sumber energi yang fleksibel dan mampu langsung mengkonversi panas sekecil apapun menjadi listrik. Kelebihan-kelebihan tersebut menyebabkan studi mengenai generator termoelektrik banyak dilakukan<sup>3,4</sup>.

Termoelektrik berperan penting dalam mengubah panas buang menjadi listrik<sup>5</sup>. Efisiensi dari peralatan termoelektrik dievaluasi dengan nilai *figure of merit*,  $ZT = S^2\rho T/\kappa$ , dimana  $S, \rho, \kappa$  dan  $T$  adalah koefisien Seebeck, hantaran listrik, total hantaran panas dan suhu mutlak<sup>6</sup>. Berdasarkan persamaan tersebut, diketahui bahwa untuk memperoleh nilai  $ZT$  yang tinggi dibutuhkan material dengan hantaran listrik dan koefisien Seebeck yang tinggi serta hantaran panas yang rendah<sup>7</sup>. Efisiensi material termoelektrik yang tinggi dimana  $ZT > 1$ , akan memberikan potensi yang besar dalam mengumpulkan panas buangan dan mengkonversi menjadi listrik<sup>4</sup>.

Pada pengembangan TEG, penemuan material penyusun berkinerja tinggi menjadi tantangan bagi peneliti saat ini, bahan berbasis *alloy* seperti  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  dan  $\text{PbTe}$  merupakan primadona, dengan nilai  $ZT$   $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  tipe-n  $\sim 1$  pada suhu  $\sim 100$  K dan nilai maksimum  $ZT$  dari  $\text{PbTe}$  tipe-n  $\sim 1,4$  pada suhu 750 K, tetapi bahan ini memiliki toksisitas yang tinggi. Oleh karena itu, material termoelektrik lainnya seperti oksida logam menarik perhatian khusus dikarenakan toksisitas yang rendah, harganya murah, ketersediaan di alam tinggi dan ketahanan oksidasi pada suhu tinggi yang melebihi material termoelektrik konvensional lainnya. Diantara oksida termoelektrik tipe-n, tipe-n perovskit  $\text{SrTiO}_3$  (STO) keramik telah dilaporkan memiliki nilai  $ZT$  sekitar 0,37 dengan pendopingan 20% Nb pada suhu 1000K sehingga berpotensi sebagai material termoelektrik di masa datang<sup>8,9,10</sup>.

$\text{SrO}/(\text{SrTiO}_3)_n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) fasa Ruddlesden-Popper (RP) merupakan salah satu senyawa berbasis STO perovskit yang mendapatkan perhatian sebagai bahan termoelektrik yang potensial berdasarkan ketersediaan yang melimpah, tidak beracun, tahan terhadap suhu tinggi sehingga dapat diaplikasikan pada rentang suhu tinggi ( $400^\circ\text{C} - 700^\circ\text{C}$ ), dimana pada rentang suhu ini banyak panas buangan yang dihasilkan kendaraan bermotor. Senyawa ini memiliki hantaran termal yang rendah karena dapat meningkatkan hamburan fonon pada permukaan  $\text{SrO}/(\text{SrTiO}_3)_n$ . Kisi dalam material ini tersusun secara rapi dan teratur melalui pengulangan lapisan  $\text{SrO}$  dan lapisan  $\text{SrTiO}_3$  membentuk *superlattice*, sehingga sangat efektif dalam menurunkan hantaran panas melalui mekanisme hamburan fonon (*phonon scattering*). Selain itu, untuk meningkatkan nilai  $ZT$  senyawa ini, maka hantaran listrik juga harus ditingkatkan. Telah dilaporkan bahwa penambahan doping dengan ion bervalensi tinggi pada sisi Sr dan Ti dari golongan logam transisi mampu menaikkan nilai hantaran listrik material  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  dengan signifikan<sup>4,11</sup>. Pendopingan dengan ion bervalensi tinggi akan meningkatkan jumlah elektron pembawa sehingga nilai hantaran listrik menjadi lebih tinggi<sup>12</sup>.

Sintesis senyawa  $\text{SrO}/(\text{SrTiO}_3)_2(\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7)$  ( $n=2$ ) fasa RP dapat dilakukan dengan salah satu metode reaksi padatan (*solid state reaction*) yang lebih hemat dan sederhana yaitu metode lelehan garam (*molten salt*). Metode ini mampu menurunkan suhu dan mempersingkat waktu sintering sintesis dengan cara penambahan garam ke dalam bahan material awal. Penambahan campuran garam sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ke dalam material awal mampu menurunkan suhu sintering sehingga pengintian dan pertumbuhan kristal dapat berlangsung cepat. Pengukuran awal sifat termoelektrik dilakukan dengan mengukur hantaran listriknya ( $\sigma$ ) sehingga dapat menjadi acuan awal dalam meningkatkan sifat termoelektrik secara keseluruhan<sup>4,13</sup>.

Sintesis  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  fasa RP telah dilakukan pada penelitian sebelumnya menggunakan program suhu sintering pada  $950^\circ\text{C}$  selama 10 jam dengan variasi mol Sr:Ti dan variasi dopan yaitu Nb. Akan tetapi senyawa yang dihasilkan belum murni dengan masih banyaknya ditemukan fasa pengotor seperti  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{Sr}_2\text{TiO}_4$ <sup>12</sup>. Hal ini sangat mempengaruhi hantaran listrik senyawa yang diinginkan karena pengotor tersebut mengganggu pengukuran. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan waktu pada saat sintering pada  $950^\circ\text{C}$  menjadi 15 jam untuk mendapatkan senyawa  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  fasa RP dengan kristalinitas yang tinggi, intensitas puncak yang lebih tajam serta mengurangi jumlah pengotor pada senyawa hasil sintesis.

Pada penelitian ini juga dilakukan perbandingan mol Sr dan Ti untuk menentukan kemurnian dan morfologi  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$ , serta dilakukan variasi mol dopan,  $\text{Nb}^{5+}$  dan  $\text{Ta}^{5+}$ . Selanjutnya, senyawa  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  serta Ta- dan Nb-*doped*  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan peralatan seperti *X-ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) untuk melihat ukuran kristal, morfologi serta untuk melihat adanya doping kation  $\text{Nb}^{5+}$  dan  $\text{Ta}^{5+}$ . Sedangkan untuk pengukuran hantaran listrik dari senyawa hasil sintesis digunakan LCR meter.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh perbandingan mol Sr dan Ti terhadap kemurnian dan morfologi  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  yang diperoleh?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi mol doping  $\text{Nb}^{5+}$  dan  $\text{Ta}^{5+}$  pada sisi  $\text{Ti}^{4+}$  terhadap nilai hantaran listrik material  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$ ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh perbandingan mol Sr dan Ti terhadap kemurnian dan morfologi material  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  yang diperoleh.

2. Menentukan pengaruh variasi mol doping  $\text{Nb}^{5+}$  dan  $\text{Ta}^{5+}$  pada sisi  $\text{Ti}^{4+}$  terhadap nilai hantaran listrik material  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$ .

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai metode sintesis dalam menghasilkan material  $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$  fasa Ruddlesden-Popper dengan sifat termoelektrik yang lebih baik, sehingga dapat dikembangkan dan diaplikasikan pada generator termoelektrik serta berpotensi sebagai penghasil energi alternatif di masa depan. Selain itu juga diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian lebih lanjut.

